

Луцький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет аграрних технологій та екології
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

на тему: «Дослідження процесу внесення мінеральних добрив і розробка розкидального механізму»

Виконав: студент 2 курсу, групи АІм- 21
спеціальності 208 Агроінженерія
за освітньо-професійною
програмою «Агроінженерія»

Кузнецов Р.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник Хомич С.М.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОП Сацюк В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Панасюк С.Г.

(прізвище та ініціали)

Луцьк 2023

**ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет	<i>аграрних технологій та екології</i>
Кафедра	<i>аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса</i>
Галузь знань	<i>20 Аграрні науки та продовольство</i>
Освітній ступінь	<i>магістр</i>
Спеціальність	<i>208 Агроінженерія</i>
Освітньо-професійна програма	<i>Агроінженерія</i>

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри аграрної інженерії
ім. проф. Г.А.Хайліса

доцент, к.т.н. _____ В.В. Сацюк
«10» січня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ**

Кузнєцову Роману Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження процесу внесення мінеральних добрив і розробка розкидального механізму

керівник роботи Хомич Сергій Миколайович, доцент, к.т.н.

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

затверджена наказом ЛНТУ від «10» січня 2023 р. № 11/01-02

2. Термін здачі студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Титульний аркуш .
2. Завдання на роботу магістра.
3. Реферат.
4. Зміст.
5. Вступ.
6. Основну частину.
7. Загальні висновки.
8. Перелік джерел посилань.
9. Додатки

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

	к-сть листів
1. Вихідні дані	1 лист
2. Теоретичні положення	1 лист
3. Обладнання та результати експериментальних досліджень	1 лист
4. Результати виробничих (польових) досліджень	1 лист
5. Принципова схема досліджуваної машини	1 лист
6. Складальне креслення розроблюваного вузла	1 лист
7. Розрахунок параметрів робочої ділянки та обслуговування МТА	1 лист

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Юхимчук С.Ф., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою, формування завдань досліджень	15.06. – 01.07.2023 р.	
2	Обґрунтування конструкції і теоретичні дослідження	22.08 – 31.08.2023 р.	
3	Розробка схеми експериментальної установки чи досліджуваної машини	01.09 – 30.09.2023 р.	
4	Розробка програми і методики експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2023 р.	
5	Реалізація та обробка результатів експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2023 р.	
6	Експериментальні дослідження з використанням математичного методу планування	15.10 – 01.11.2023 р.	
7	Розробка креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла	01.11 – 15.11.2023 р.	
8	Узагальнення результатів та оформлення пояснювальної записки	15.11 – 25.11.2023 р.	
9	Оформлення ілюстративного матеріалу для захисту магістерської роботи	15.11 – 25.11.2023 р.	
10	Нормоконтроль	до 09.12.2023 р.	
11	Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат	09.12.– 19.12.2023 р.	

Студент

(підпис)

Кузнєцов Р.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Хомич С.М.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОПШ

(підпис)

Сацюк В.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У роботі висвітлена окрема документація на розробку розкидального механізму навісного розкидача сипких добрив, який працює від валу відбору потужності трактора. Машино-тракторний агрегат складається з лійкового розкидача, який кріпиться на навіску трактора класу тяги 1,4 кН. Останній являється рушійом і джерелом енергії. Робота МТА полягає у переміщенні матеріалу (мінеральних добрив) у бункері та розкидання їх по поверхні поля дисковими апаратами.

Використовуючи вихідні дані, в роботі розроблено вихідні вимоги на проектування робочого органу розкидача, сформульовано вимоги технічного завдання, визначені вихідні дані для дослідження, проведено обґрунтування параметрів, побудовані схеми машин тарозробленого робочого органу.

Пояснювальна записка містить відомості про призначення та принцип роботи машини, відомості про технологічний процес роботи, властивості технологічного матеріалу, експериментальні дослідження та їх результати, і висновки. Наведені основні відмінності та удосконалення розроблюваної машини у відповідності до машин аналогу. Розглянуто питання організації робіт з використанням розкидача, а також його експлуатаційні характеристики. Запропоновані рекомендації для покращення технічного обслуговування машини та подані висновки.

Трактор, розкидач, редуктор, добрива, бункер, диск, лопатка, дек, експеримент, аміачна селітра

ABSTRACT

The work covers separate documentation for the development of the spreading mechanism of the mounted spreader of loose fertilizers, which works from the power take-off shaft of the tractor. The machine-tractor unit consists of a sprinkler, which is attached to the hitch of the tractor with a traction class of 1.4 kN. The latter is the driver and source of energy. The work of the MTA consists in moving the material (mineral fertilizers) in the hopper and spreading them on the surface of the field with disc devices.

Using the initial data, the initial requirements for the design of the spreader's working body were developed in the work, the requirements of the technical task were formulated, the initial data for the study were determined, the justification of the parameters was carried out, the diagrams of the machines and the developed working body were constructed

The explanatory note contains information about the purpose and principle of operation of the machine, information about the technological process of work, properties of the technological material, experimental studies and their results, and conclusions. The main differences and improvements of the developed machine in accordance with analogue machines are given. The question of the organization of work using the spreader, as well as its operational characteristics, was considered. Recommendations for improving machine maintenance are proposed and conclusions are presented.

Tractor, spreader, reducer, fertilizer, hopper, disk, shovel, deck, experiment, ammonium nitrate

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ.....	
ЗМІСТ.....	
ВСТУП.....	
1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ, ФОРМУВАННЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕНЬ	
1.1 Характеристики оброблюваного матеріалу та технології і способи його внесення	
1.2 Аналіз існуючих конструкцій машин та робочих органів, які приймають участь у технологічному процесі.....	
1.3 Аналіз теоретичних обґрунтувань процесу внесення аміачної селітри	
1.4 Висновки до розділу 1 і задачі досліджень.....	
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДЦЕНТРОВОГО МЕХАНІЗМУ	
2.1 Теоретичні передумови розгону частинки мінеральних добрив	
2.2 Обґрунтування технологічних параметрів машини.....	
2.3 Енергетичний розрахунок.....	
2.4 Обґрунтування принципової схеми	
2.5 Висновки до розділу 2.....	
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	
3.1 3.1 Завдання експериментальних досліджень	
3.2 Програма експериментальних досліджень.....	
3.3 Методика визначення фізико-механічних властивостей мінеральних добрив.....	
3.4 Розробка експериментальної установки.....	
3.7 Висновки до розділу 3.....	
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	
4.1 Фізико-механічні властивості мінеральних добрив	
4.2 Розподіл суперфосфату гранульованого за напрямком його розсівання	
4.3 Висновки до розділу 4	

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	
ДОДАТКИ.....	

ВСТУП

Добрива відноситься до найважливіших засобів інтенсифікації сільського господарства. Їх застосування у поєднанні з іншими прийомами агротехніки (чергування культур у сівозміні, обробіток ґрунту, догляд за посівами та ін.) є беззаперечним чинником підвищення врожайності усіх сільськогосподарських культур, а також поліпшення родючості ґрунтів.

Нерівномірність внесення добрив призводить до дозрівання рослин в різні терміни, зниження урожаю і погіршення його якості. В окремі роки через вилягання рослин, викликане завищенням норм і нерівномірністю внесення добрив, втрати зерна були дуже значними. Багаторічні спостереження за роботою розкидачів мінеральних добрив у господарствах показали, що якісного розкидання добрив можливо досягти лише у випадку дотримання правил їх експлуатування.

Теперішні машини надзвичайно чутливі до всіх порушень технологічного процесу. Жодне переобладнання не дасть позитивного ефекту, якщо робота проводитиметься на несправному агрегаті, а розсіватися будуть непідготовлені добрива.

Широке розповсюдження отримали розкидачі мінеральних добрив відцентрового типу, в яких використовуються диски з можливістю внесення робочої суміші на поверхню під кутом до горизонту. Пояснюється це перш за все універсальністю агрегату, та досягненням високих показників по ширині розкидання.

Проте, відсутність чіткого трактування ряду конструктивних особливостей, як робочого органу, так і машини в цілому, створюють проблеми по виконанню агротехнічних вимог, зокрема це збільшення екологічного навантаження та механічних просівів, тому тематика дипломної роботи є актуальною.

До найважливіших завдань, що стоять перед нашою країною відносяться досягнення зростання сільськогосподарського виробництва і надійне

забезпечення країни продуктами харчування і сільськогосподарською сировиною. Для рішення цих задач необхідно впровадити високоефективні засоби механізації вирощування, догляду і збирання сільськогосподарських культур. Одним з етапів вирощування являється внесення добрив, як перед сівбою (посадкою) так і під час росту культур.

Вдосконалення машин для внесення мінеральних добрив відноситься до напрямку економії енергії за рахунок вибору прийомів внесення добрив на певних площах та з врахуванням кліматичних умов. Розроблювану машину пропонуємо для внесення мінеральних добрив на невеликих площах до 10га.

Актуальність теми Вдосконалення таких машин відноситься до напрямку економії енергії, швидкості виконання технологічної операції, якості внесення.

Модернізація таких машин продовжується у напрямку ще кращого їх ефективного застосування.

Тому темою кваліфікаційної роботи є дослідження процесу внесення мінеральних добрив і розробка розкидального механізму

На сьогоднішній день сільське господарство дозволяє вести свої роботи на земельних ділянках та городах різноманітних параметрів, тому удосконалювану машину пропонуємо використовувати у невеликих господарствах для внесення добрив на невеликих площах до 3га. За машину аналог прийнято розкидач РМД 1000. В ході виконання роботи було запропоновано застосування односекційного бункера для зменшення вантажопідйомності та площ внесення добрив та двох висівних пристроїв відцентрового типу. Це дало змогу підвищити продуктивність машини за рахунок збільшення ширини захвату та використовувати менш потужнішу техніку при перевезенні

Тому створення машин для внесення мінеральних добрив для ведення власного господарства з унеможливленням наведених недоліків є актуальним і своєчасним, в порівнянні з вітчизняними аналогами.

Наукове та практичне значення. На базі теоретичних і експериментальних досліджень розроблено і виготовлено експериментальний зразок модернізованого розкидача мінеральних добрив. Розроблено методику і відповідне обладнання для дослідження процесу. Дане обладнання використовується у навчальному процесі ЛНТУ.

Матеріали дослідження опубліковані у збірниках наукових праць Студентської науково-технічної конференції «Сучасні технології у агровиробництві та природокористуванні» Луцьк: ФАТЕ, ЛНТУ

Об'єкт дослідження – процес розкидання мінеральних сипких добрив з використанням відцентрового дисково лопатевого розкидача.

Предмет дослідження – встановлення взаємозв'язку між параметрами розкидального механізму та ефективністю його роботи у складі навісного розкидача і дослідження фізико-механічних властивостей добрив.

Мета роботи і завдання дослідження. Мета дослідження – підвищення ефективності розкидання мінеральних добрив та унеможливлення їх хаотичного розсипання шляхом застосування модернізованого розкидального пристрою.

Для досягнення вказаної мети необхідно було вирішити наступні завдання:

– провести аналіз відомих машин для внесення мінеральних добрив і технологічних процесів їх розсіювання та на цій основі розробити теоретичні передумови проектування нового розкидача з урахуванням недоліків аналогів;

– обґрунтувати конструктивну схему та технологічний процес роботи розкидача з модернізованим розкидальним механізмом;

– провести експериментальні лабораторні дослідження визначення ширини захвату МТА та рівномірності внесення добрив з розробкою відповідного оснащення;

– провести виробничі дослідження та перевірити норму висівання;

– провести експеримент з використанням математичного методу планування.

Методи та способи дослідження. Теоретичні дослідження проведені із застосуванням положень механіко-математичного моделювання, методів диференціального числення. Експериментальні дослідження проводились з використанням галузевих і розроблених методик на стандартному та виготовленому обладнанні і приладах, Проведені дослідження з використанням методик планування багатofакторного експерименту. Аналіз математичних моделей та обробка експериментальних даних здійснювалась за допомогою прикладних програм на ПК.

Новизна дослідження полягає в тому, що:

– набули подальшого розвитку дослідження низки властивостей мінеральних добрив, які впливають на процес внесення;

– вперше розроблена математична модель процесу розподілу добрив по ширині поля з врахуванням кута розміщення лопатки на диску;

– вперше проведені експериментальні дослідження з використанням розробленого дискового розсіваючого пристрою.

Структура роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЗА ТЕМОЮ, ФОРМУВАННЯ ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Характеристики оброблюваного матеріалу та технології і способи його внесення

Оскільки дослідження відбуваються для операції внесення мінеральних добрив, а їх різноманітність дуже велика то охарактеризуємо найбільш популярну аміачну селітру. Дані азотні добрива є одним з ключових складових інтенсивного сільськогосподарського виробництва. За рахунок внесення аміачної селітри забезпечує досягнення високих врожаїв. Серед ринку мінеральних та органо-мінеральних добрив, стимуляторів росту рослин і мікродобрив аміачна селітра має найбільший попит.

Нажаль не завжди дані добрива відповідають характеристикам про які заявляють виробники. Невідповідність фактичного складу аміачної селітри може становити до 10%, тобто вміст азоту може бути менший. Тому при заготівля добрива обов'язково потрібно вимагати сертифікати підтвердження якості.

Загалом аміачна селітра є гранульованим аміачно-нітратним добривом, яка мінімально злежується при зберіганні, зберігає гарну розсіюваність за стабільної вологи. Аміачна селітра виготовляється лише із застосуванням кондиціонуючих добавок, що містять кальцій, магній, сульфат або сульфат з фосфатом. При присутності в добриві поверхнево-активних речовин використовують добавки з сульфатом і фосфатом.

Інакше аміачну селітру (NH_4NO_3) можна назвати амонійна селітра та нітрат амонію. Вони відрізняються вмістом азоту відповідно 34,4% та 34%. Гранули даних добрив мають кулеподібну форму, білі з жовтуватим чи червонуватим відтінком. Розмір самостійних частинок в еквівалентному діаметрі становить 1–4 мм. Аміачна селітра добре розчинна у воді (росі) та

швидко засвоюється в ґрунті. Добрива містять швидкодійний нітратний і менш рухливий амонійний азот.

Вцілому воно є фізіологічно кислим, але підкислююча дія його на ґрунт майже не виявляється. За рахунок таких факторів як велика розчинність у воді, високий температурний коефіцієнт розчинності, поліморфні перетворення нітрат амонію і гігроскопічність селітра має здатність злежуватись. Таке явище дещо ускладнює її застосування окремими видами машин і потребує попереднього подрібнення.

Недоліком нітрату амонію є горіння, яке може виникнути за підвищених температур. За швидкого нагрівання нітрату амонію до $t=400-500^{\circ}\text{C}$ він розкладається з вибухом. Мінімальною вибухонебезпечною температурою вважається $t=300^{\circ}\text{C}$. Окрім збільшення температури на вибухонебезпечність впливає збільшення вмісту мінеральних кислот, легкозаймистих органічних речовин, деяких металів (міді, цинку, алюмінію тощо), особливо тоді коли вони знаходяться в порошкоподібному стані.

В залежно від температурних умов, існує п'ять кристалічних модифікацій аміачної селітри, які здатні перетворюватися один в одного тільки із зміною температури навколишнього середовища.

Практичне значення мають лише четверта і п'ята модифікації, температурні режими існування яких знаходяться наступних межах відповідно від $+32,2$ до $-16,9^{\circ}\text{C}$ та нижче $-16,9^{\circ}\text{C}$.

Недоліком таких модифікацій є перекристалізація речовини, яка відбувається при переході з однієї в іншу тут речовина сильно ущільнюється та втрачає властивості і погіршує характеристики. Наприклад щільність четвертої модифікації становить $1,725\text{г/см}^3$.

Позитивом аміачної селітри є добра розчинність в воді і інших речовинах, яка залежить теж від температури. Наприклад розчинність в воді при 0°C становить 119г на 100г ; при $+25^{\circ}\text{C}$ – 212 г на 100 г а при $+50^{\circ}\text{C}$ зростає до 346г на 100г . у іншій речовині такій як рідкий NH_3 при $+25^{\circ}\text{C}$, 391г селвтри розчиняється у 100г розчину.

Як добриво аміачна селітра містить різні добавки щоб унеможливити і зменшувати злежування. Конденсуючими речовинами можуть служити фосфоритне борошно, нітрат магнію, гіпс, каолінит, та інші, які дрібно перемелені до мукоподібного чи порошкоподібного стану. Ці добавки надають добриву жовтуватий відтінок. Відповідно червонуватий колір забезпечує добавка фиксин. Різнокольоровість селітри може мати кілька відтінків і кольорів. Серед найпоширеніших білий, жовтий, коричневий, розовий голубий (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Фотографічні зображення аміачної селітри різних кольорів

Приведемо основні вимоги яким повинна відповідати аміачна селітра: вміст води не більше 0,2-0,3%; вміст азоту в сухій речовині не менше 34%; кислотність 10% -ного водного розчину повинна становити 4-5%; статистична міцність гранул 5-7 Н/гранулу.

Токсичність добрива починається при переході позначки температури +210°C і взаємодії із сірчанам колчеданом, сіркою, кислотами, хлорним вапном, суперфосфатом і порошковими металами. Тут відбувається реакція розкладання з виділенням оксидів азоту і кисню, які є небезпечні.

Щодо удобрення сільськогосподарських культур аміачною селітрою то воно здійснюється за такими основними технологіями – припосівне внесення, підживлення та внесення у запас [1, 5, 9].

Дані технології різняться між собою строками, способами і дозами внесення. Тут строки залежать від погодних умов та розпоряджень агронома. Способи внесення мажуть бути також різні і залежать від вологості ґрунту його виду, культури попередника і наступника тощо – це розміщення гранул відносно поверхні ґрунту тобто поверхневий спосіб, коли гранули добрив розподіляють на поверхню ґрунту, та внутрішньо ґрунтовий, коли гранули заробляють у ґрунт на певну глибину.

Розміщення добрив за способом їх внесення може бути суцільний (екранний) і локальний (стрічковий) [1, 2, 8, 10]. Відповідно суцільний тобто рівномірне внесення по полю, а локальний індивідуально пвд кожную культуру. Останній забезпечує максимальну віддачу від застосування.

Технологію основного удобрення ґрунту застосовують для забезпечення рослин основною часткою азотних добрив, сюди одночасно можна вносити гранульовані фосфорні і калійні. Ця технологія застосовується перед основним обробітком ґрунту із використанням поверхневого суцільного способу внесення добрив чи їх вносять одночасно з обробітком ґрунту використовуючи при цьому внутрішньоґрунтове локальне їх внесення. Необхідно відмітити, що основне докальне удобрення ґрунту одночасно із сівбою сільськогосподарських культур отримало розповсюдження в скандинавських країнах, а на сьогодні набуває застосування і в Україні [2, 7, 9]. Однак спосіб поверхневого суцільного внесення добрив вважається домінуючим у світовій практиці, як при основному удобренні ґрунту, так і підживленні зернових культур [4, 9, 6]. Технологію припосівного внесення добрив застосовують для забезпечення культур елементами живлення на початковому етапі їх розвитку та інтенсивного їх росту.

Відповідно технологію внесення добрив в запас можна використовувати з застосуванням відомих способів. Але вона не закріпилась у практичному

застосуванні сільського господарства України через високу собівартість добрив.

Необхідно відмітити, що традиційні технології внесення аміачної селітри передбачають їх внесення з постійною дозою на одному і тому ж полі. На сучасному етапі вченими широко ведуться дослідження, які базуються на технології диференційованого внесення стосовно певних ділянок поля. Така змінна доза вноситься, на основі результатів попередніх аналізів кількісного вмісту поживних речовин у ґрунті [2, 7, 9, 11].

Одним з негативних факторів диференційного внесення добрив є відсутність результатів попередніх аналізів полів. Переважно для їх створення затрачається багато часу і ручної фізичної роботи. Тому створення необхідних технічних засобів для реалізації диференційованого внесення аміачної селітри та гранульованих мінеральних добрив взагалі є відсутність засобів дистанційного визначення якості ґрунту і вмісту поживних речовин в ньому.

1.2 Аналіз існуючих конструкцій обладнання, робочих органів та машин, які приймають участь у технологічному процесі

Оскільки аміачна селітра вноситься на поверхню поля за допомогою відцентрових висівних апаратів (робочих органів), а модернізація і вдосконалення машини для внесення добрив іде у сторону точного розкидання добрив та розміщення їх по полю то проведемо аналіз аналогів для відцентрових робочих органів.

Дискові, так їх прийнято ще називати, робочі органи, як правило розганяють добриво лопатками, що закріплені на диску. Останній змонтований на валу, і має можливість обертатись навколо власної осі і з'єднаний з приводом. У якості приводу переважно виступає зубаста передача (закритий редуктор). Для поліпшення якості внесення добрива лопатки кріпляться на диску відносно вала під різними кутами. Розсіювання

відбувається смугою, яка розташована перпендикулярно до напрямку руху енергетичного засобу.

Більше 90 % машин для внесення аміачної селітри і інших гранульованих мінеральних добрив та хімічних меліорантів, обладнують саме такими робочими органами (рис. 1. 2.) [2, 4, 6].

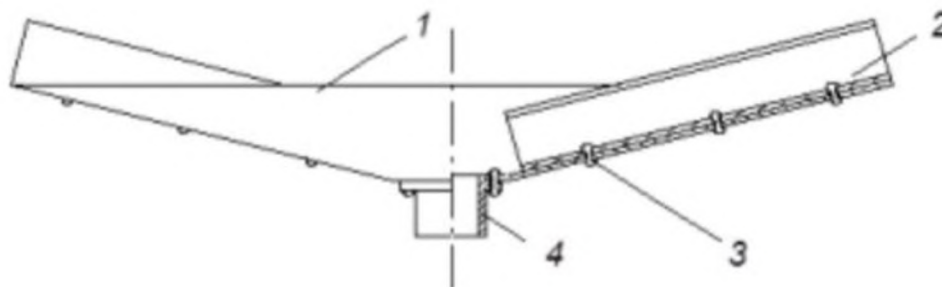


Рисунок 1.2 – Схема відцентрового дискового робочого органу: 1 - конусний диск; 2 – лопатка; 3 – кріпильні заклепки; 4 - маточина

Процес робочий такого апарату полягає у тому, що добрива, які потрапили з бункера, спочатку захоплюються лопатками і поступово рухаються вздовж лопаток під дією відцентрової сили до периферії диска, а потім перемістившись до кінців лопаток сходять з них. Завдяки отриманому запасу кінетичної енергії, яка нагнітається коли гранули добрив перебувають на диску і в процесі спадання її з диска, відбувається подолання аеродинамічного опору атмосферного повітря, і утворення віяла розсівання вздовж робочої ширини захвату. Далі під дією польоту і сили тяжіння добрива досягають поверхні ґрунту.

Діаметр таких відцентрових дисків може бути до 800 мм, а частота обертання – до 1000 хв^{-1} . Саме різновид дисків: плоский, сферичний, конічний з вершиною вниз впливає економічну ефективність робочого органу тобто на ширину захвату машини і рівномірність розкидання.

Завдяки таким конструкційним рішенням виконання диска було обґрунтовано зростання робочої ширини захвату машини без збільшення робочої зони диска тобто діаметра, та частоти обертання.

Недоліком таких робочих органів є складність виготовлення конусного диска, якщо порівняти з плоским.

Конструкція робочого органу, який поєднує позитивні властивості плоского і конусного дисків зображений на (рис. 1.3). [11, 16].

Тут передбачено регулювання кута нахилу лопаток до площини горизонтального диска та до радіуса.

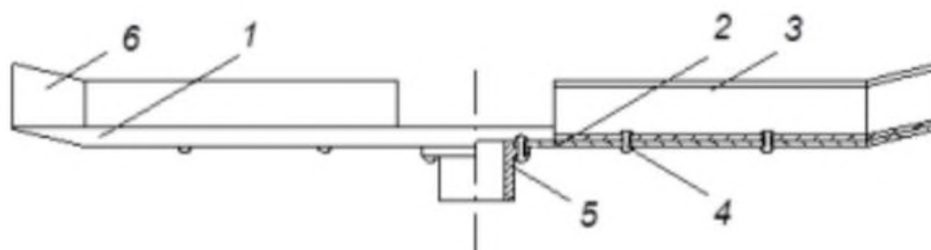


Рисунок 1.3 – Схема відцентрового туковисівного робочого органу із плоским диском з конусною обичайкою: 1 – зона конусної обичайки; 2 - плоский диск; 3 – лопатка; 4 – заклепкове з'єднання; 5 - маточина; 6 - подовжувач лопатки

На машині МРД-4, яку виробляє Волинський виробник ТОВ“ВО“Ковельсільмаш“ застосовують конструкцію робочого органу де лопатки установлюють під кутом 35° до площини горизонтального диска [8]. Така пропозиція була створена для збільшення ширини розкидання і має місце у багатотоннажних причіпних машинах, які виконують одну туж функцію протягом робочого року (рис. 1.4).

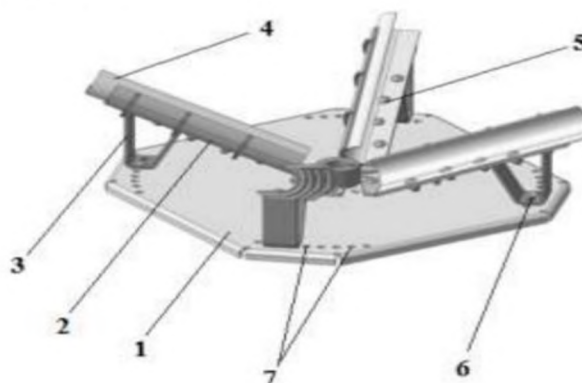


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд відцентрового висівного апарату з піднятими

кінцями лопаток: 1 – диск; 2 – тримач; 3 – кронштейн; 4 – лопатки; 5 – заклепки; 6 – фіксатор для положення кронштейна; 7 – отвори

При розробці машин для внесення гранульованих мінеральних добрив зокрема в аміачної селітри була низка спроб щодо збільшення робочої ширини. Так наприклад залежно від способу агрегування машини (причіпна, навісна), виконували обладнання робочого органу з активними лопатками,, пневматичними соплами, різними кутами нахилу диску. Однак у зв'язку з суттєвим ускладненням конструкції практичне їх застосування залишається на незмінному рівні.

Також проводились розробки щодо удосконалення лопатки шляхом її збільшення кількості, загострення у верхній кромці та модифікації профілю (круглого, сферичного тощо).

Підсумовуючи викладене, можна стверджувати, що домінуючими розсівними робочими органами машин для внесення мінеральних гранульованих добрив, є відцентрові дискові апарати, які постійно вдосконалюються та модернізуються. Тому слід зосередити увагу на вдосконаленні саме таких органів і як варіант дослідити процес зміни діапазону кута розходження і сходження лопаток на плоскому диску відносно центру. Така модернізація послужить підвищенню продуктивності машини та для внесення добрив і багатофункціональності, шляхом регульованої зміни норми внесення та ширини захвату.

1.3 Аналіз теоретичних обґрунтувань процесу внесення аміачної селітри

Теоретичними і експериментальними дослідженнями відцентрових апаратів займалась велика кількість, як вітчизняних, так і закордонних вчених. В першу чергу вони вивчали вплив конструкційних форм виконання лопаток, дисків, та інших елементів конструкції; фізичних їх параметрів та режимних

параметрів роботи; фізико-механічних властивостей добрив; умов роботи машин тощо.

Найбільш вагомими і різноманітними є результати досліджень, які розраховують швидкості сходження добрив з диска. Наприклад, Василенко П.М. теоретично дослідив рух частинок висівного удобрюваного матеріалу вздовж лопатки. Цей розрахунок обґрунтував параметри традиційного висівного апарату для лопатки, яка була прямолінійною і закріпленою на диску. В доведення він розглянув радіальний варіант установки лопатки та варіант із нахилом до радіуса диска у напрямку його обертання навколо вертикальної осі [24]. У результаті були отримані залежності, тобто рівняння для визначення відносної швидкості руху самостійних частинок добрив вздовж лопатки.

$$v_e = \left(\frac{f_l g}{\omega^2} - r_0 \frac{\cos \psi_0 \pm \varphi}{\cos \varphi} \right) \left[\frac{\lambda_{1Г} \lambda_{2Г}}{\lambda_{2Г} - \lambda_{1Г}} e^{\lambda_{1Г} T_l} - e^{\lambda_{2Г} T_l} \right] \quad (1.1)$$

f_l -

коефіцієнт тертя добрив по лопатці, залежить від величини гранул і виду добрив;

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

r_0 - радіус подачі добрив на висівному апараті, м;

ω - кутова швидкість висівного апарата, с⁻¹;

φ - кут тертя добрив по лопатці, град;

ψ_0 - кут між проекціями r_0 і боковою стінкою лопатки на горизонтальну площину, град;

T_l – поточне значення руху частинок добрив вздовж лопатки, с;

$$\lambda_{1Г} = \omega f_l + \sqrt{1 - f_l^2}, \quad \lambda_{2Г} = \omega f_l - \sqrt{1 - f_l^2}, \quad (1.2)$$

Відповідно Василенко П.М. отримав залежність для визначення кута розгону частиночки добрива на диску, тобто кута, на який повернеться диск з того моменту коли вона попаде на нього до того моменту коли зійде:

$$\beta_p = 57,3 \omega t_{lc} \quad (1.3)$$

1.4 Висновки до розділу 1 та завдання досліджень

Базуючись на викладеному, можна зробити висновок: відомі результати теоретичних досліджень для визначення дальності розсівання окремо взятої частинки мінерального добрива в умовах як безвітряної погоди, так і вітру. Стосовно визначення дальності розсівання потоку добрива у вигляді віяла розсівання, то такі результати досліджень вчені отримували стосовно конкретних розкидальних механізмів тільки експериментальним шляхом.

Обґрунтування параметрів нерівномірності внесення добрив на робочій ширині захвату більшість з опрацьованих і огляді літератури вчених вивчали експериментальним шляхом для конкретних розкидального механізму. А отримані моделі були розроблені з низкою припущень, що зробило їх проблемними для практичного застосування інших відцентрових механізмів. Зазначені недоліки можна усунути за допомогою розробки лабораторного обладнання і провести власні дослідження. Використання такої установки передбачає проведення індивідуальних досліджень.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДЦЕНТРОВОГО МЕХАНІЗМУ

2.1 Теоретичні передумови розгону частинки мінеральних добрив

Розроблена нами конструкція робочого органа включає кінематично з'єднаний з механізмом привода в обертальний рух плоский диск з радіально встановленими на його робочій поверхні лопатками. При цьому лопатка на диску розташована під кутом α . Для такого розкидального апарату побудуємо розрахункову математичну модель руху матеріальної частинки (точки) уздовж його радіально розміщеної лопатки. Спершу за все, складемо еквівалентну схему, на якій покажемо матеріальну частинку, що рухається уздовж лопатки нахилоного диска, і покажемо діючі на неї сили (рис. 2.1). При цьому точка M – початкове положення частинки добрива на лопатці, точка S – поточне положення частинки добрива на лопатці, точка O – центр обертання розкидального диска. Далі, для спрощення аналітичного вирішення даного завдання приймаємо наступні припущення: – коефіцієнт тертя частинок добрив по поверхні лопатки має постійне значення; – характер руху кожної частинки добрив однаковий і відповідає характеру руху всієї маси добрив уздовж лопатки; – частинка добрив рухається уздовж лопатки по відрізку, який є загальним для вертикальної стінки лопатки і її днища, без кочення; – товщиною лопатки і діаметром частинки добрив нехтуємо.

Вельми істотною відмінністю розсівання частинок мінеральних добрив розкидальним диском, є те, що він має місце істотні відмінності у розташуванні векторів, прикладених до частинки добрив сил, в залежності від того, в яке місце диска подаються і захоплюються лопатками мінеральні добрива: в верхню частину або в його нижню частину, в праву від осі обертання або в ліву частину. Цю обставину також необхідно врахувати при аналітичному вирішенні даного завдання. Запишемо спочатку рівняння для визначення швидкості сходження частинки добрив з розкидального диска V_{GO} . Вона буде дорівнювати:

$$V_{GO} = \sqrt{V_{BC}^2 + V_{NC}^2}, \quad (2.1)$$

V_{BC} - відносна швидкість руху частинки добрив в момент її сходження з лопатки розкидального диска, м/с;

V_{NC} – переносна швидкість руху частинки добрив в момент її сходження з лопатки розкидального диска, м/с.

При цьому переносна швидкість V_{NC} руху частинки добрив в момент її сходження з розкидального диска може бути визначена з використанням такої залежності:

$$V_{NC} = \omega R, \quad (2.2)$$

де ω – кутова швидкість ТРОН, с⁻¹;

R – радіус ТРОН, м.

Для визначення V_{GO} необхідно, перш за все, мати залежність для визначення відносної швидкості V_{BC} . У зв'язку з тим, що проекція складової сили тяжіння частинки добрив на відрізок АВ в процесі її руху вздовж лопатки змінює напрямок вектора, доцільно розділити розкидального диска на сектори таким чином, щоб напрямок вектора в процесі її руху в межах кожного сектора не змінювався. Виконавши це, отримуємо чотири рівних між собою сектори: EOG – I; GOC – II; COD – III; DOE – IV (рис. 2.1).

Відрізки EC і DG є взаємноперпендикулярними діаметрами конічного диска, а відрізок EC утворює з горизонтальною площиною кут α .

Швидкість сходження частинки добрив з розкидального диска:

$$V_{GO} = V_{BG}^2 + (\omega R)^2 \quad (2.3)$$

V_{BG} – відносна швидкість руху частинки добрив в момент її сходження з лопатки, м/с;

ω – кутова швидкість ТРОН, с⁻¹;

R – радіус диска, м.

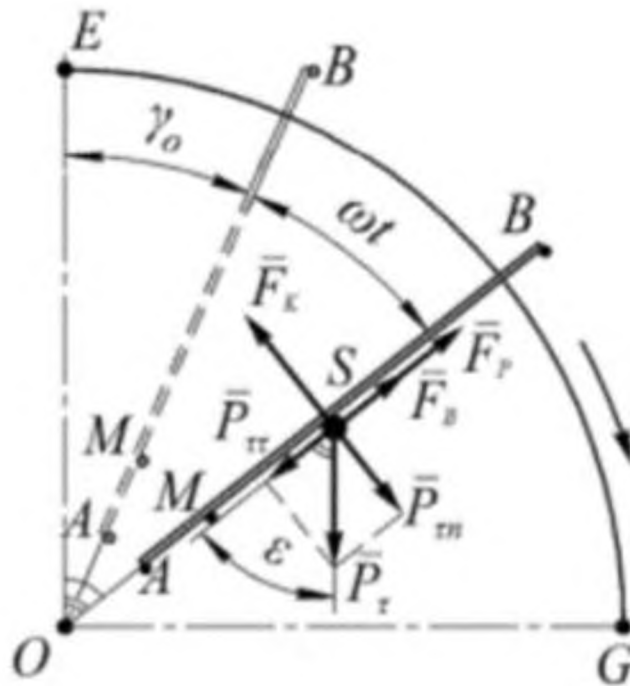


Рисунок 2.1 – Схема сектору диска де відбувається розгон частинки мінеральних добрив яка рухається по диску і вздовж лопатці

Згідно умов задачі визначимо всі сили та рівнодійні сил, що діють на частинки в момент розгону. Вони повинні задовільнити умову рівнодійної сили в не перешкоджати виконанню роботи по переміщенню і польоту частинки.

Сила, під дією якої частинка добрива рухається на диску

$$F_r = m \frac{d^2 L}{dt} \quad (2.4)$$

m – маса частинки добрив, кг;

L – шлях, який пройшла частинка вздовж лопатки, м;

t – час руху частинки добрив вздовж лопатки, с;

R – радіус диска, м

t – час руху частинки добрив вздовж лопатки, с.

Відповідно відцентрова сила набуде вигляду:

$$F_B = mr\omega^2 \quad (2.5)$$

r – відстань від центра розкидального диска до поточного положення частинки добрива на лопатці, м

Проекція складової сили тяжіння частинки добрив на відрізок АВ

$$P_{\tau\tau} = P_{\tau} \cos \varepsilon \quad (2.6)$$

ε – кут між складовою силою тяжіння P_{τ} та її проекцією на відрізок АВ, град.

Складової сили тяжіння частинки, яка діє вздовж поверхні диска паралельно відрізку ЕО визначатиметься з залежності:

$$P_{\tau} = F \sin \alpha \quad (2.7)$$

α – кут встановлення лопатки, град.

Тоді згідно розташування частинки складової сили тяжіння частинки, яка діє по нормалі до днища лопатки

$$P_n = F \cos \alpha \quad (2.8)$$

Сила інерції руху тіла (частинки добрив) інакше сила Коріоліса буде визначена з залежності:

$$F_k = 2m\omega \frac{dL}{dt} \quad (2.9)$$

Проекція складової сили тяжіння частинки на нормаль до відрізка АВ

$$P_{\tau n} = F \sin \alpha \quad (2.10)$$

Остаточне значення результуючої сили, під дією якої частинка буде рухатися вздовж диска по лопатці становитиме:

$$F_R = F_B \pm P_{\tau\tau} - f_f F_k - f_f P_n - f_f P_{\tau n} \quad (2.11)$$

f_f – коефіцієнт тертя;

F – сила тяжіння.

2.2 Обґрунтування технологічних параметрів машини

Згідно вихідних даних машина повинна забезпечувати норму внесення мінеральних добрив, а саме суперфосфату для підживлення пшениці у кількості $Q = 0,6$ т/га при робочій швидкості машини $V = 8$ км/год. Оскільки ширина розкидання може знаходитися в межах 5...8м, то обґрунтування параметрів будемо проводити для максимального значення приймаємо $B = 8$ м. У такому випадку площа, що обробляється машиною за 1с становитиме:

$$S_c = \frac{V \cdot B}{3600} = \frac{8000 \cdot 8}{3600} = 17,8 \text{ м}^2; \quad (2.12)$$

де V - швидкість машини у м/с.

Тоді час за який обробляється 1га становитиме:

$$t_{za} = \frac{S_{za}}{S_c} = \frac{10000}{17,8} = 5556 \text{ с} = 1 \text{ год} \cdot 32 \text{ хв}. \quad (2.13)$$

де S_{za} - площа 1га у м².

У такому випадку секундна продуктивність розкидаючого пристрою повинна становити:

$$Q_c = \frac{Q}{t_{za}} = \frac{600}{5556} = 0,11 \text{ кг} / \text{с}. \quad (2.14)$$

Врахувавши, що об'ємна маса суперфосфату знаходиться у межах $\gamma = 850 \text{ кг} / \text{м}^3$ знаходимо секундну об'ємну продуктивність одного розкидача.

$$Q_{V1c} = \frac{Q_c}{\gamma} = \frac{0,11}{850} = 0,0002 \text{ м}^3 / \text{с}. \quad (2.15)$$

2.3 Енергетичний розрахунок

Визначимо потужності, що затрачається на привід розкидаючого пристрою, для кожного окремо взятого розкидального лопатевого диску.

Розрахункова потужність на привід розкидаючого пристрою визначатиметься за формулою.

$$N = N_{\delta} + N_p, \quad (2.16)$$

де N_{δ} - потужність на деформацію добрив, з метою їх відокремлення від загального масиву, кВт;

N_p - потужність на розкидання добрив, кВт.

Першу складову можна визначити за формулою

$$N_{\delta} = \frac{10^{-4} \cdot k \cdot V_{об.} \cdot n}{6}, \quad (2.17)$$

де k - питомий опір деформації добрив, прийємо дане значення як для середніх ґрунтів $k = 40 \text{ МПа}$;

$V_{об.}$ - об'єм добрив, що розкидається за 1 оберт диска, см^3 ;

n - частота обертання вала диска, для машин аналогів $n = 540 \text{ об} / \text{хв}$.

Об'єм добрив, що розкидається за 1 оберт диска визначимо за формулою

$$V_{об.} = \frac{60 \cdot Q_v}{n} = \frac{60 \cdot 0,0002}{540} = 2,2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3. \quad (2.18)$$

Тоді потужність на деформацію добрив становитиме

$$N_{\delta} = \frac{10^{-4} \cdot 40 \cdot 2,2 \cdot 10^{-5} \cdot 540}{6} = 0,8 \text{ кВт}. \quad (2.19)$$

Другу складову знаходять з виразу

$$N_{\delta} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot \delta \cdot Q_{ic} \cdot V_{\delta}^2, \quad (2.20)$$

де δ - коефіцієнт відкидання, який для випадку розташування робочих органів у вигляді тарілки можна прийняти рівним 1;

V_{δ} - колова швидкість диска, м/с .

Колова швидкість диска визначається за формулою

$$V_{\delta} = \frac{\pi \cdot n \cdot R}{30}, \quad (2.21)$$

де R - радіус диска, який для машин аналогів складає $R = 0,16 \text{ м}$.

Отже

$$V_{\sigma} = \frac{3,14 \cdot 540 \cdot 0,16}{30} = 9c^{-1}.$$

Тоді

$$N_{\sigma} = 5 \cdot 10^{-4} \cdot 1 \cdot 0,0002 \cdot 9^2 = 0,1 \text{ кВт}.$$

Загальна розрахункова потужність на привід розкидаючого механізму складатиме

$$N_p = 0,8 + 0,1 = 0,9 \text{ кВт}$$

Дійсна потужність на привід розкидаючого пристрою, з урахуванням втрат в елементах приводу визначатиметься за формулою

$$N = \frac{K_0 N_p}{\eta}, \quad (2.22)$$

де $K_0 = 1,3 \dots 1,5$ - коефіцієнт перевантаження, прийmemo $K_0 = 1,3$;

η – сумарний коефіцієнт корисної дії елементів механізму приводу.

Сумарний коефіцієнт корисної дії елементів приводу проєктовано механізму складатиметься із наступних компонентів

$$\eta = \eta_{з.п.} \cdot \eta_{п.к.} \quad (2.23)$$

де $\eta_{з.п.}$ – к.к.д. закритої передачі, у приводі встановлено 1 головний конічний роздавальний редуктор і 1 конічний привідний редуктор, для яких к.к.д. відповідно складає $\eta_{з.п.} = 0,96$; і $\eta_{з.п.} = 0,97$, також у приводі 2 конічних редуктори, які передають рух на кожен диск, але оскільки вони працюють паралельно то можна їх рахувати як 1 редуктор;

$\eta_{е.п.}$ - к.к.д. відкритої передачі, така передача у приводі відсутня;

$\eta_{п.к.} = 0,99$ - к.к.д. 1 пари підшипників кочення, у приводі 6 пар.

Отже

$$N = \frac{1,3 \cdot 0,9}{0,96^2 \cdot 0,97 \cdot 0,99^6} = 1,38 \text{ кВт}.$$

2.4 Обґрунтування принципової схеми

Принципова схема (рис. 2.2) або, як її називають на практиці, компоувальна, визначає повний склад елементів сільськогосподарської машини і зв'язків між ними і, як правило, дає детальне уявлення про структуру та принцип роботи сільськогосподарської машини.

Принципова схема необхідна для вивчення принципу роботи машини, наладки і контролю ремонту та технічного обслуговування і є основними для розробки конструкторських документів.

На принциповій схемі показано усі необхідні вигляди із виносом і нумерацією деталей. Принципова схема виконана на листі формату А1.

Диски розкидальних апаратів змонтовані в корпусі, що прикріплений до рами та посажені на вихідні вали приводних редукторів. Кожен з дисків приводяться в рух від конічного редуктора крутний момент передається до них за допомогою ланцюгових муфт які, в свою чергу, з'єднуються з розподільчим редуктором і приймають крутний момент.

Дисковий розкидальний апарат призначений для розкидання мінеральних добрив певної норми по поверхні поля.

Необхідно мати на увазі, що початковий варіант схеми може коригуватись при розробці робочої конструкторської документації – креслень складальних одиниць та деталей. В свою чергу побудова принципової схеми може вносити зміни у функціональну, кінематичну та інші схеми.

Принципову схему виконують з такою кількістю проєкцій та видів, яка потрібна для визначення всіх необхідних розмірів виробу і забезпечення раціонального взаємного розташування всіх елементів конструкції. Для розроблюваної машини необхідна кількість проєкцій та видів складається з трьох одиниць.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Завдання експериментальних досліджень

У результаті проведених теоретичних досліджень процесу внесення мінеральних добрив машинами, обладнаними розроблюваним розкидальним апаратом, було обґрунтовано конструктивну схему запропонованого робочого органа, його параметри та режими роботи, що повинно підвищити робочу ширину захвату і продуктивність внесення мінеральних добрив. У зв'язку з тим, що при проведенні теоретичних досліджень неможливо врахувати всі фактори, які впливають на протікання робочого процесу розкидальним апаратом, а отже, і зробити висновок про забезпечення необхідних показників ефективності процесу розсівання добрив запропонованим робочим органом, має місце потреба у проведенні експериментальних досліджень. Основним завданням експериментальних досліджень є перевірка адекватності отриманих теоретичних залежностей і основних висновків щодо реального процесу розгону добрив та їх розсівання. Окрім того, необхідно в процесі експериментальних досліджень визначити вплив конструктивних параметрів і режимів роботи розкидального апарату на показники характеру та нерівномірності розподілу мінеральних добрив на поверхні ґрунту.

3.2 Програма експериментальних досліджень

Виходячи із завдань досліджень, а також вимог стандарту [19] була розроблена програма експериментальних досліджень, яка передбачала:

- розроблення лабораторної установки для проведення експериментальних досліджень;
- підтвердження експериментальним шляхом основних залежностей, отриманих в результаті теоретичних досліджень;
- встановлення залежностей впливу конструктивних параметрів і режимів роботи розкидального апарату на показники його роботи;
- дослідження характеру і нерівномірності розподілу мінеральних добрив розкидальним апаратом.

3.3 Методика визначення фізико-механічних властивостей мінеральних добрив

При проведенні експериментальних досліджень процесу внесення мінеральних добрив розкидальним апаратом використовувалися найбільш поширені в сільському господарстві добрива: суперфосфат гранульований, нітроаммофоска та селітра аміачна. Загальновідомо, що на показники ефективності внесення мінеральних добрив на поверхню ґрунту істотно впливають їх фізико-механічні властивості [8, 11, 16].

В умовах сільського господарства фізико-механічні властивості мінеральних добрив, які поставляють різні заводи-виробники, часто варіюють в певних межах. У зв'язку з цим виникла необхідність провести експериментальні дослідження з метою уточнення значень показників фізико-механічних властивостей мінеральних добрив, які використовувались в процесі експериментальних досліджень. На основі результатів аналізу відомих досліджень нескладно зробити висновок, що основними фізико-механічними властивостями названих видів мінеральних добрив, які впливають на роботу розкидального апарату і які необхідно визначити перед початком проведення досліджень, є: вологість, об'ємна маса, гранулометричний склад та коефіцієнт зовнішнього тертя по сталі [5].

Величину вологості добрив визначали за стандартною методикою, яка передбачає зважування добрив у трьох бюксах, подальше їх сушіння в сушильній шафі за температури $100 \pm 5^\circ\text{C}$ до постійної маси та наступне зважування сухих добрив [18].

Відносну вологість добрив визначали як співвідношення у відсотках між масою випаруваної вологи до початкової маси наважки добрив.

Об'ємну масу добрива визначали як співвідношення об'єму і маси порції добрива шляхом послідовного зважування зазначеної порції і визначення її об'єму.

Гранулометричний склад добрива визначали у відповідності до вимог ГОСТ 21560.1–82 з використанням набору сит з діаметром d отворів від 0,25 мм до 10,0 мм [6].

Для цього порцію добрива насипали на верхнє сито класифікатора, в якому частинки добрива послідовно поділялися на розмірні фракції. Значення коефіцієнта тертя добрива по сталі визначали за стандартною методикою [5, 8] із використанням установки типу похилої площини.

Похила площина, на якій була закріплена сталеві пластина, встановлювалась під незначним кутом до горизонту. Після цього на поверхню сталеві пластини насипали порцію добрива. При повільному підніманні похилої площини, за допомогою транспортера, що був встановлений збоку цієї площини, фіксували кут початку ковзання добрив по поверхні сталеві пластини. Тангенс отриманого кута і був величиною коефіцієнта тертя.

3.4 Розробка експериментальної установки

Експериментальна установка для досліджень з розсівання мінеральних добрив розкидальним апаратом була спроектована і виготовлена у пересувному варіанті виконання (рис. 3.1). Конструкція експериментальної установки основну раму, яка була встановлена на двох колесах та опорній лапі.

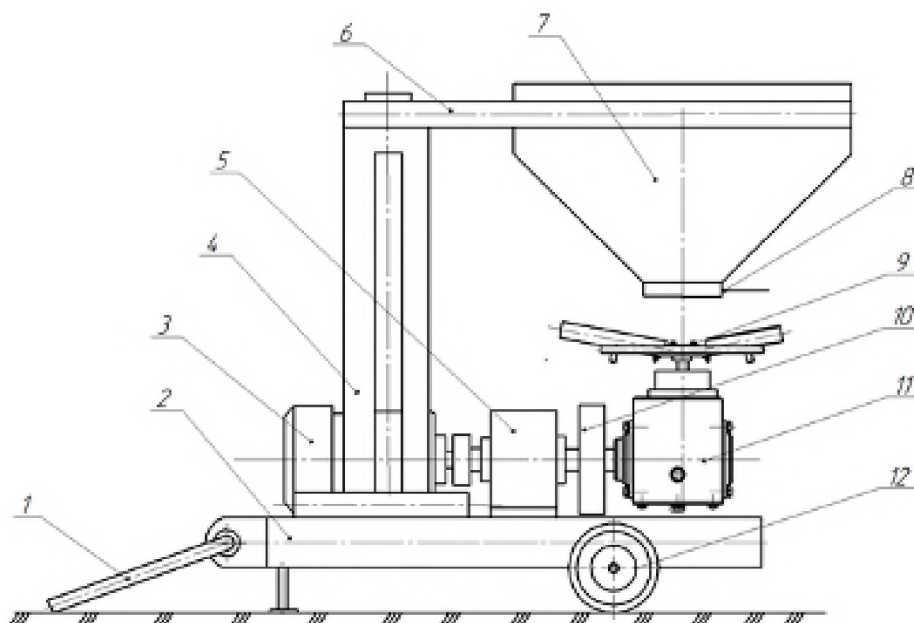


Рисунок 3.1 – Схема дослідної установки: 1 – ручка, 2 – рама, 3 – електродвигун, 4 – стійка, 5 – контрпривід, 6 – тримач 7 – заслінка, 9 – висівний апарат, 10 – маховик, 11 – редуктор конічний, 12 – опорні колеса.

Шарнірно на основній рамі була закріплена рукоять, з використанням якої, за необхідності, здійснювали переміщення експериментальної установки на колесах до місця проведення дослідів на майданчику. Зверху на основній рамі були установлені електродвигун, ланцюговий варіатор та редуктор.

Вони мали між собою кінематичний зв'язок через з'єднувальну та обгінну муфти. Конічний редуктор був закріплений на рамі через кронштейни які мали пази для кріплення, що забезпечували можливість регулювання кута нахилу вихідного вала редуктора до горизонтальної площини. На вихідному валу конічного редуктора був установлений розкидальницький апарат, який включав конічний диск, на верхній його поверхні радіально були закріплені 2 лопатки..

3.5 Методика експериментальних і польових досліджень характеру і нерівномірності розсівання мінеральних добрив

У процесі експериментальних досліджень використовували основні положення ГОСТ 20315–75 та ГОСТ 28714–2007. Лабораторні дослідження проводили за таких значень основних режимів роботи експериментальної установки і конструктивних параметрів розкидального апарату: – частота обертання диска: 540 об/хв; – кут розташування лопатки відносно диска: 0...60; – діаметр диска – 430 мм; – радіус подачі добрив – 150 мм. Перед початком експериментальних досліджень виконували таку підготовчу роботу.

Досліди проводилися у трикратній повторності [7], а результати оброблялися за допомогою методів математичної статистики [18]. За

отриманими результатами зважування спочатку визначали середнє арифметичне значення маси мінерального добрива.

Полеві дослідження проводили з використанням дек розміщених за схемою рис. 3.2-3.3, та вручну підраховували кількість висіяних частинок добрив.

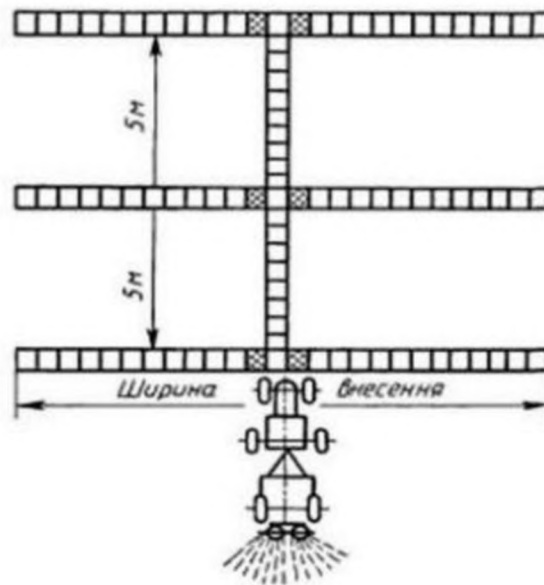


Рисунок 3.2 – Схема розміщення дек однієї повторності при визначенні показників нерівномірності внесення добрив



Рисунок 3.3 – Фото проведення досліджень з нормою внесення 100 кг/га по озимій пшениці

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Фізико-механічні властивості мінеральних добрив

За результатами проведених досліджень були визначені основні фізико-механічні властивості мінеральних добрив, а саме: вологість, об'ємна маса, гранулометричний склад та коефіцієнт тертя по сталі.

Зокрема, при дослідженні властивостей суперфосфату гранульованого встановлено: середнє значення вологості – 3,1 %; середнє значення об'ємної маси – 1085 кг/м³ ; коефіцієнт тертя по сталі – 0,51; гранулометричний склад: $d \leq 1$ мм – 4,9 %; $1 \text{ мм} \leq d < 2$ мм – 20,6 %; $2 \text{ мм} \leq d < 3$ мм – 40,2 %; $3 \text{ мм} \leq d < 4$ мм – 24,7 %; $d \geq 4$ мм – 9,6 %/

За результатами досліджень властивості нітроамофоски були такі: середнє значення вологості – 1,0 %; середнє значення об'ємної маси – 1030 кг/м³ ; коефіцієнт тертя по сталі – 0,55; гранулометричний склад: $d \leq 1$ мм – 1,9 %; $1 \text{ мм} \leq d < 2$ мм – 32,1 %; $2 \text{ мм} \leq d < 3$ мм – 60,5 %; $d \geq 3$ мм – 5,5 %.

Властивості селітри аміачної за результатами досліджень були такі: середнє значення вологості – 0,3 %; середнє значення об'ємної маси – 880 кг/м³ ; коефіцієнт тертя по сталі – 0,59; гранулометричний склад: $d \leq 1$ мм – 0,5 %; $1 \text{ мм} \leq d < 2$ мм – 21,3 %; $2 \text{ мм} \leq d < 3$ мм – 69,7 %; $3 \text{ мм} \leq d < 4$ мм – 8,5 %.

На основі аналізу гранулометричного складу мінеральних добрив встановлено, що у суперфосфаті гранульованому, нітроамофосці та селітри аміачній переважають гранули, розмір яких відповідає межам $2 \text{ мм} \leq d < 3$ мм. При цьому вміст цієї фракції у різних видів мінеральних добрив різний, а саме: в суперфосфаті гранульованому він становить 40,2 %, нітроамофосці – 60,5 %, а селітри аміачній – 69,7 %. Тобто, самий вагомий вплив на закономірності розсівання мінеральних добрив буде мати фракція, яка включає гранули розміром $2 \text{ мм} \leq d < 3$ мм і є спільною для всіх їх видів.

Різницю в закономірностях розсівання різних видів добрив будуть давати інші фракції. Наприклад, суперфосфат гранульований має 20,6 % гранул розміром $1 \text{ мм} \leq d < 2 \text{ мм}$ і 24,7 % гранул розміром $3 \text{ мм} \leq d < 4 \text{ мм}$. Це означає, що наявність першої фракції гранул суперфосфату гранульованого зменшує робочу ширину захвату машини, а наявність другої фракції навпаки – сприяє її збільшенню.

В той же час нітроамофоска і селітра аміачна містять відповідно 32,1 і 21,3% гранул розміром $1 \text{ мм} \leq d < 2 \text{ мм}$, наявність яких буде призводити до зменшення робочої ширину захвату машини. Вплив інших фракцій буде менш вагомим. У зв'язку з наведеними результатами для отримання більш повної інформації щодо закономірностей розсівання добрив модернізованим розкидальним механізмом є необхідність проводити експериментальні дослідження на кожному виді добрив з вивченням як розсівання їх маси, так і стосовно розсівання гранул окремих фракцій мінеральних добрив.

4.2 Розподіл суперфосфату гранульованого за напрямком його розсівання

У процесі експериментальних досліджень розсівання суперфосфату гранульованого дослідним зразком розкидального механізму було встановлено вплив частоти обертання його диска та кута нахилу диска до горизонтальної площини на розподіл добрива за напрямком його розсівання.

Графічна інтерпретація результатів досліджень наведена на рис. 4.1.

Для зручності порівняльного оцінювання отриманих результатів введемо такі терміни: - ефективна дальність розсівання добрива – це відстань, на якій встановлені дека, в кожне з яких висівається маса добрива, що становить більш 0,1% від маси висіяного добрива у всі дека.

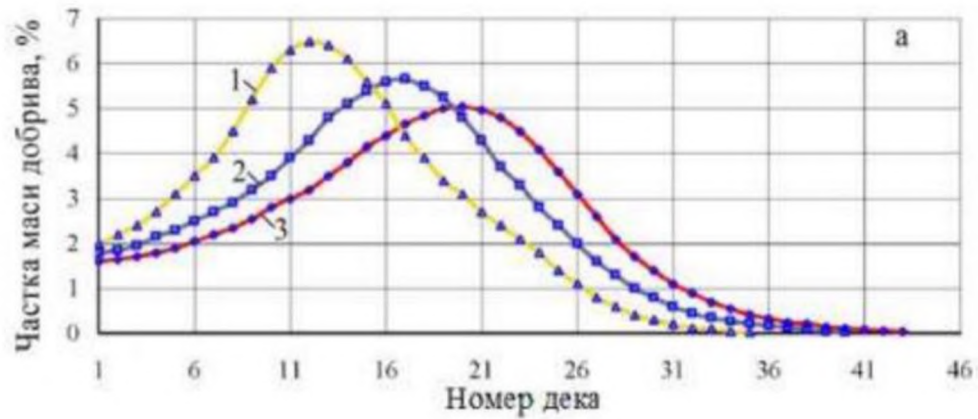


Рисунок 4.1 – Залежність розподілу суперфосфату гранульованого за напрямком розсівання по деках за частоти обертання його диска 540об/хв із зміною кута розміщення лопатки 0°

Виходячи з цього, можна стверджувати, що ефективна дальність розсівання добрива перебуває у прямому кореляційному зв'язку із загальною шириною захвату машини; - відстань від розкидального механізму до дека, в яке висіялась максимальна частка добрива, висіяного в усі дека.

Базуючись на тому, що розкидальний механізм розподіляє добриво у напрямку його розсівання за закономірностями, при яких деко, в яке висівається максимальна маса добрива, знаходиться в межах першої половини ефективної дальності його розсівання, і враховуючи, що машини для внесення добрив працюють з перекриттям суміжних проходів, можна стверджувати: відстань від розкидального механізму до зазначеного дека перебуває у прямому кореляційному зв'язку із робочою шириною захвату машини.

Отже, відносно більша ефективна дальність розсівання добрива буде відповідати відносно більшій загальній ширині захвату машини і навпаки: відносно менша ефективна дальність розсівання добрива буде відповідати відносно меншій загальній ширині захвату машини. Аналогічне має місце і щодо дальності розміщення дека від розкидального механізму, в яке висіялась максимальна частка добрива, висіяного в усі дека. Відносно більша відстань розміщення дека від розкидального механізму, в яке висіялась максимальна маса добрива, буде відповідати відносно більшій робочій ширині захвату

машини і навпаки: відносно менша відстань розміщення дека від розкидального механізму в яке висіялась максимальна маса добрива, буде відповідати відносно меншій робочій ширині захвату машини. Результати досліджень розподілу суперфосфату гранульованого розкидального механізму по деках за напрямком його розсівання проедставлені у таблиці 4.1-4.2.

За результатами дослідження встановлено, що за зміни кута розміщення допатки в межах 0° – 30° призводить до зростання як ефективної дальності розсівання суперфосфату гранульованого за напрямком його розсівання, так і відстані від розкидального механізму до дека з максимальною часткою маси висіяного добрива. Наприклад, за частоти обертання диска 540 об/хв та горизонтального його положення суперфосфат гранульований ефективно розсівається на ділянці до 35-го дека (12,3 м) включно а максимальна частка маси висіяного добрива (6,5 %) надходить у 12-е деко (6,3 м).

Таблиця 4.1

Результати досліджень ширини розкидання добрив при зміні кута встановлення лопатки відносно диска $\min 0^{\circ}/\max 30^{\circ}$ за норми 100кг/га

№	Селітра аміачна, м	Сіль калійна, м	Суперфосфат, м
1.	6,6/11,3	8,4/12,4	7,3/11,2
2.	6,5/10,7	7,9/12,2	6,3/10,9
3.	6,3/10,9	7,8/12,5	6,7/11,6
Середнє	6,46/10,9	8,0/12,36	6,76/11,23

Таблиця 4.2

Результати досліджень ширини розкидання добрив при зміні кута встановлення лопатки відносно диска $\min 0^{\circ}/\max 30^{\circ}$ за норми 200кг/га

№	Селітра аміачна, м	Сіль калійна, м	Суперфосфат, м
1.	6,5/10,1	6,6/11,6	6,5/10,6
2.	6,5/9,5	6,9/10,8	6,3/10,8
3.	6,3/9,6	6,8/11,5	6,3/10,8
Середнє	6,23/9,73	6,77/11,3	6,37/10,77

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У роботі вирішена проблема підвищення продуктивності машин для внесення мінеральних добрив шляхом збільшення їх робочої ширини захвату.

1. У провідних країнах світу більшу частку обсягів застосовуваних твердих мінеральних добрив вносять на поверхню ґрунту перед його обробіткою із застосуванням машин, які обладнані відцентровими тукорозсівними робочими органами кидального типу. В конструкції відомих машин вже вичерпані можливості збільшення їх продуктивності шляхом підвищення робочої ширини захвату за рахунок збільшення швидкості сходження добрив з тукорозсівних робочих органів або кута між вектором відносної швидкості і горизонтальною площиною, або застосуванням полімерних матеріалів при виготовленні елементів тукорозсівних робочих органів тощо.

2. У відомих відцентрових тукорозсівних робочих органах з вертикальною віссю обертання збільшення кута сходження добрив до горизонтальної площини формується тільки за рахунок підвищення відносної швидкості, тобто швидкості, з якою добрива рухаються вздовж лопатки. В той же час левову частку абсолютної швидкості сходження добрив з тукорозсівних робочих органів становить переносна швидкість у порівнянні з їх відносною швидкістю. В зв'язку з цим доцільним є спрямування переносної швидкості до лопатки розміщеної під кутом відносно диску.

3. Розроблено математичні моделі які описують закономірності розгону частинок мінеральних добрив лопатками з врахуванням параметрів та режимів його роботи, фізико-механічних властивостей мінеральних добрив. На основі зазначених моделей отримано залежності для визначення поточного значення відносної швидкості руху добрив вздовж лопаток.

4. З використанням отриманих залежностей встановлено, що однакову відстань уздовж лопатки диска ТРОН частинки мінеральних добрив за зміни кутової швидкості диска в межах $30 - 120 \text{ c}^{-1}$ та коефіцієнта зовнішнього тертя

добрив – в межах 0,1 – 0,7 долають за різний час. Причому зазначений час зменшується за збільшення кутової швидкості диска, радіуса подачі добрив на диск та зменшення коефіцієнта зовнішнього тертя мінеральних добрив.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Адамчук В. В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хіммеліорантів. Техніка АПК. 2000 . № 3. С. 10 - 12
2. Вожик Ю. Г. Науково - технічні основи внесення твердих мінеральних добрив із використанням енергії стисненого повітря : автореф. дис. ... докт. техн. наук / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2013. 40 с
3. Войтюк Д. Г., Аніскевич Л. В., Волянський М. С. Перспективи впровадження в Україні системи точного землеробства. Механізація сільськогосподарського виробництва : зб. наук. пр. / Національний аграрний університет. Київ, 2002. Том XIII. С. 93 - 97.
4. Дядя В. М. Обґрунтування параметрів відцентрового робочого органа з активними лопатями машин для внесення мінеральних добрив : автореф. ... канд. техн. наук / Таврійська ДАТА. Мелітополь, 2003. 19 с.
5. Петров Л. М. Елементи теорії робочого процесу вібраційного дозування гранульованих хімікатів. Вісник сільськогосподарської науки. 1984. № 2. С. 81 - 84.
6. Петров Л. М. Продуктивність висіву і розміри дозуючих отворів. Вісник сільськогосподарської науки. 1985. № 6. С. 74 - 76.
7. Петухов М. П., Панова Е. А., Дудина Н. Х. Агрохвмвя і система добрива. К : Агропром., 1985. 351 с.
8. Петров Л. М. Елементи теорії робочого процесу вібраційного дозування гранульованих хімікатів. Вісник сільськогосподарської науки. 1984. № 2. С.
9. Петров Л. М. Продуктивність висіву і розміри дозуючих отворів. Вісник сільськогосподарської науки. 1985. № 6. С. 74 - 76.
10. Фіщенко Г. Ї., Фіщенко Ю. Г. Нова технологія внесення добрив. Київ : Знання, 1976. 48 с
11. Штуков М. К., Гіліс Р. М., Ярошенко В. Ф. Динамічний аналіз руху частинки вздовж прямолінійної напрямної диска, що обертається. Механізація

та електрифікація сільського господарства : Республ. Міжвід. темат. наук.-техн. зб. / УНДІМЕСГ. Київ, 1991. Вип. 73. С. 66 - 71.

12. Щемелинский Л. А., Адамчук В. В., Довгань А. И. Машина для внесення мінеральних добрив СТТ-10. Земля. 1987. № 5. С. 46 – 47

13. Ясенецький В., Шейченко В. Розкидачі мінеральних добрив для господарств усіх форм власності. Техніка АПК. 2002. № 12. С. 16 - 17.

14. Проспект фірми “Agromet-Motoimport” (Польща)

15. Відцентровий розсівальний орган : пат. 61855 Україна : МКВ А 01 С 17/00 / В. В. Адамчук; ННЦ «ІМЕСГ»(Україна). № 2003098188; заявл. 02.09.03; опубл. 17.11.03, Бюл. № 11. 3 с.

16. Адамчук В. В., Масло І. П., Ратушний В. В. Дослідження пневматичних розподільно - висівних систем машин для внесення туків. Механізація та електрифікація сільського господарства : міжвідомч. темат. наук. зб. / УНДІМЕСГ. Київ : Урожай, 1992. Випуск. 75. С. 41 - 43.

17. Адамчук В. В. Механіко - технологічні і технічні основи підвищення ефективності внесення твердих мінеральних добрив та хіммеліорантів : автореф. дис. канд. техн. наук / Національний аграрний університет. Київ, 2006. 40 с.

18. Адамчук В.В., Мойсеєнко В.К. Землеробство майбутнього і техніка для нього. Вісник аграрної науки. 2001. № 11. С. 55-60.

19. Achorn, Frank P., Kimbrough, Homor L. Application of granular fertilizers. Agr. Chem. 1970, vol. 25, issue 1. Pp. 30 - 33, 35 - 36, 49.

20. Bamlett.-effective 3 ton fertilizer spreader for farmer whos interested in profitability. Power Farming. 1974, issue 2. P. 28.

21. Bengtsson, Gustav. Centrifugalspridarens för-och nackdelar. Traktor j. 1963, vol. 8, issue 5. Pp.308 - 311, 313.

22. Проспект фірми “Agromet-Motoimport” (Польща)

ДОДАТКИ

