

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій ім. С.З.Гжицького
Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу машин
імені Олександра Семковича

ДИПЛОМНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: «Дослідження фізико-механічних властивостей мінеральних
добрив для оптимізації процесу їх внесення»

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-52

Спеціальності Н7 «Агроінженерія»

Криська Роман Андрійович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Левчук Олександр Васильович
(Прізвище та ініціали)

Консультант: к.т.н., доцент Гошко Зіновій Орестович
(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2025

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет ветеринарної медицини та
біотехнологій ім. С.З.Гжицького
Факультет механіки, енергетики та інформаційних технологій
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу машин
імені Олександра Семковича

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
«28» лютого 2025 р
Завідувач кафедри _____
к.т.н. доцент Шарибура А.О..

ЗАВДАННЯ
на дипломну роботу
Крисьці Роману Андрійовичу

1. Тема роботи: **«Дослідження фізико-механічних властивостей мінеральних добрив для оптимізації процесу їх внесення»**
Керівник роботи Левчук Олександр Васильович, к. т. н., доцент.
Затверджено наказом по університету 28.02.2023 року №140/к-с.
2. Термін здачі студентом магістерської роботи до «15» 12. 2025 р.
3. Вихідні дані для магістерської роботи: 1. *Технологічні вимоги до різальних апаратів машин.* 2. *Патентний огляд.* 3. *Наукова та довідкова література.*
4. Перелік питань, які необхідно розробити: (наводиться зміст, який містить пункти і підпункти усіх розділів):

ВСТУП

1. ОСОБЛИВОСТІ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

- 1.1. *Способи внесення мінеральних добрив;* 1.2. *Технологічні схеми внесення туків;* 1.3. *Агрономічні вимоги до операції внесення мінеральних добрив;* 1.4. *Перспективи створення нових розкидних пристроїв для внесення мінеральних добрив*

2. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ВІДЦЕНТРОВОГО ТУКОРОЗСІВНОГО АПАРАТУ

- 2.1. *Теорія руху туків по поверхні дискового робочого органу;* 2.2. *Конструктивні параметри дискового розкидача*

3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

- 3.1. *Програма експериментальних досліджень;* 3.2. *Методика досліджень;* 3.3. *Мета експериментальних досліджень;* 3.4. *Методика визначення фізико-*

механічних властивостей досліджуваних добрив

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Результати досліджень фізико-механічних властивостей добрив; 4.2. Концентрація добрив у напрямку розкидання; 4.3. Дослідження ширини захвату розкидача; 4.4. Впливу аеродинамічних властивостей мінеральних добрив на якість їх внесення; Висновки

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ

5.1. Загальні принципи охорони праці; 5.2. Заходи з попередження травматизму; 5.3. Заходи безпеки під час роботи з розкидачем добрив; 5.4. Охорона довкілля

6. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2,3,4,6	Гошко З.О., доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича		
5	Тимочко В.О., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва		

6. Дата видачі завдання 28.02.2025 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Виконання першого розділу	12.09-30.09	
2	Виконання другого розділу	1.10-14.10	
3	Виконання третього розділу	15.10-30.10	
4	Виконання четвертого розділу	31.10-15.11	
5	Написання розділу «Охорона праці»	16.11-22.11	
6	Розрахунок економічної ефективності	23.11-6.12	
7	Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та аркушів доповіді	7.12-10.12	
8	Завершення проекту в цілому	10.12	

Студент _____ Криська Р. А.

Керівник дипломної роботи _____ Левчук О.В.

Дослідження фізико-механічних властивостей мінеральних добрив для оптимізації процесу їх внесення. Криська Р.А. Дипломна робота на здобуття ОКР "Магістр". – Дубляни: ЛНУВМБ ім. Гжицького, кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. О. Семковича, 2025. –62 стор. текст. част.; 7 таблиць; 11 рисунків; 34 бібліографічних назв.

Робота присвячена вирішенню актуальної проблеми підвищення продуктивності машин для внесення мінеральних добрив шляхом збільшення їх робочої ширини захвату.

У роботі розглянуті математичні моделі, які описують закономірності розгону частинок мінеральних добрив відцентровим розсівним робочим органом, який має нахилену вісь обертання, з урахуванням параметрів та режимів його роботи, фізико-механічних властивостей мінеральних добрив та кожного з чотирьох секторів зазначеного робочого органа, в який може здійснюватись подача мінеральних добрив.

На основі зазначених моделей отримано залежності для визначення поточного значення відносної швидкості руху добрив вздовж лопаток відцентрового розсівного робочого органа та її значення в момент сходження добрив.

Ключові слова: обґрунтування, технологічний параметр, внесення, мінеральні добрива.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ОСОБЛИВОСТІ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ	9
1.2. Способи внесення мінеральних добрив.....	9
1.3. Технологічні схеми внесення туків.....	10
1.4. Агрономічні вимоги до операції внесення мінеральних добрив.....	11
1.5. Перспективи створення нових розкидних пристроїв для внесення мінеральних добрив.....	12
2. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ВІДЦЕНТРОВОГО ТУКОРОЗСІВНОГО АПАРАТУ	19
2.1. Теорія руху туків по поверхні дискового робочого органу.....	19
2.2. Конструктивні параметри дискового розкидача	21
3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	27
3.1. Програма експериментальних досліджень	27
3.2. Методика досліджень	27
3.3. Мета експериментальних досліджень.....	30
3.4. Методика визначення фізико-механічних властивостей досліджуваних добрив	31
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	35
4.1. Результати досліджень фізико-механічних властивостей добрив.....	36
4.2. Крнцентрація добрив у напрямку розкидання.....	36
4.3. Дослідження ширини захвату розкидача.. ..	39
4.4. Впливу аеродинамічних властивостей мінеральних добрив на якість їх внесення.....	40
Висновки.....	43
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ	44
5.1. Загальні принципи охорони праці.....	44
5.2. Заходи з попередження травматизму.....	45
5.3.Заходи безпеки під час роботи з розкидачем добрив.....	46
5.4. Охорона довкілля.....	48
6. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	50
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	62

ВСТУП

У парку машин для внесення мінеральних добрив провідних країн світу домінують машини, обладнані відцентровими розсівними робочими органами. Розробники нових моделей машин, на етапі їх створення, прагнуть шляхом відповідного конструктивного виконання робочих органів забезпечити підвищення продуктивності машин на операції внесення мінеральних добрив.

Продуктивність машин для внесення мінеральних добрив залежить від їх робочої ширини захвату, робочої швидкості агрегата та коефіцієнта використання змінного часу. Потенційні резерви підвищення зазначеної продуктивності шляхом збільшення, як робочої швидкості агрегата, так і коефіцієнта використання змінного часу вже вичерпані. Підвищення продуктивності машин можливе лише шляхом збільшення робочої ширини захвату, але воно теж має обмеження щодо збільшення частоти обертання тукорозкидних робочих органів та висоти їх встановлення над поверхнею ґрунту. У зв'язку з цим підвищення продуктивності машин для внесення мінеральних добрив шляхом збільшення робочої ширини захвату є актуальним питанням, яке потребує вирішення з проведенням необхідних наукових досліджень.

Базуючись на викладеному, нескладно зробити висновок про те, що існує народногосподарська задача, суть якої полягає у створенні відносно дешевих машин для внесення мінеральних добрив, з високою техніко-економічною ефективністю.

Це призводить до необхідності вирішення науково-технічної задачі з підвищення продуктивності машин для внесення мінеральних добрив і зменшення питомих витрат на виконання цієї технологічної операції.

Зв'язок з науковими проблемами, планами, темами. Тема дипломної роботи пов'язана з тематичним планом науково-дослідної роботи кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича.

Мета досліджень: розглянути існуючі конструкції машин для внесення твердих мінеральних добрив, на основі дослідження фізико-механічних властивостей добрив, запропонувати напрямки їх вдосконалення.

Задачі досліджень:

- провести огляд патентно-інформаційних джерел з питань розробки сучасних конструкцій розкидачів добрив;
- на основі теоретичних досліджень, дослідити процес розгону добрив тукорозсівним робочим органом;
- дослідити вплив кута установки диска на дальність розсівання частинок добрив;
- обґрунтувати раціональні параметри та режими роботи тукорозсівного робочого органу в умовах агропромислового виробництва.

Об'єкти досліджень: технологічний процес внесення мінеральних добрив.

Предмет досліджень: вплив конструкційних параметрів та режимів роботи тукорозсівного робочого органу машини для внесення твердих мінеральних добрив на її техніко-експлуатаційні показники..

Методи досліджень: при вирішенні поставлених задач досліджень використовувалися класичні методи теоретичної механіки, опору матеріалів, математичного аналізу та моделювання. Вивчення механіко-технологічних властивостей мінеральних добрив проводилося з використанням методів математичної статистики та регресійного аналізу на ПЕОМ. Експериментальні дослідження проводились на спеціально виготовленій установці з використанням теорії планування експериментів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що на основі системного аналізу конструкцій розроблено гіпотезу щодо забезпечення

працездатності дискових розкидних апаратів. Проведено експериментально-теоретичні дослідження основних етапів технологічного процесу внесення гранульованих мінеральних добрив, за допомогою яких отримане обґрунтування конструктивних та робочих параметрів принципіально нового розкидача.

Практичне значення полягає в тому, що запропонована конструкція розкидного пристрою дозволить підвищити продуктивність розкидача мінеральних добрив на 6..8%, зменшити енергоємність технологічного процесу, а також скоротити затрати праці і матеріальних засобів на внесення добрив.

У роботі отримано вихідні дані та аналітичні вирази для розрахунків та проектування розкидного пристрою.

Особистий внесок здобувача: основні положення та результати дипломної роботи отримано самостійно, а саме:

- патентно-інформаційний пошук існуючих способів внесення мінеральних добрив та існуючих конструкцій розкидачів;
- досліджені основні кінематичні, динамічні та геометричні параметри нового дискового розкидача;
- проведена обробка і аналіз результатів, експериментальних досліджень з обґрунтування геометричних параметрів розкидача;
- проведена економічна оцінка розкидача мінеральних добрив з новим дисковим пристроєм.

Публікація результатів. За результатами досліджень опублікована 1 стаття у фаховому збірнику.

1. ОСОБЛИВОСТІ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

1.1. Способи внесення мінеральних добрив

На сьогоднішній день розглядають наступні способи внесення твердих мінеральних добрив, використання яких залежить від погодніх умов, біологічних особливостей культур, регіону внесення: передпосівне суцільне та припосівного внесення, внесення добрив з одночасним висівом насіння та підживлення в процесі вегетації рослин [5]. Відмічені способи відрізняються агростроками, нормою внесення та їх видом.

Також можна класифікувати спосіб внесення твердих добрив за характером розташування їх гранул відносно поверхні ґрунту: поверхневий суцільний – туки хаотично розкидають по поверхні ґрунту, внутрішньогрунтовий - туки вносять під час посіву, або догляду за посівами у ґрунт на певну глибину. Згідно розміщення добрив їх способи поділяють на суцільний (екранний) і локальний (стрічковий) [5, 8]. Перевагу з цих двох способів надають локальному, адже при такому способі внесені добрива забезпечують максимальну віддачу, і сприяють найкращому засоєнню їх кореневою системою рослин [10].

Спосіб суцільного внесення використовують переважно під час внесення азотних, фосфорних і калійних добрив для забезпечення ґрунту необхідними поживними речовинами. Даний спосіб дешевший і більш продуктивний. Його використовують перед основним обробітком ґрунту, або одночасно з обробітком ґрунту використовуючи внутрішньогрунтове локальне або екранне внесення. Слід також відмітити, що спосіб поверхневого суцільного внесення туків займає основне місце у більшості господарств, для основного підживлення ґрунту для більшості культур, зокрема, є основою для вирощування зернових культур [14].

Спосіб припосівного внесення туків використовують, щоб забезпечити рослини елементами живлення у початковий етап їх розвитку і дати хороший

старт для проростання насіння. Він реалізується за рахунок припосівного внесення частини мінеральних добрив, на основі їх внутрішньо ґрунтового внесення у рядки куди висівається насіння, переважно це комплексні добрива (нітрофоска, калій амофос та ін.).

Рослини переважно підживлюють добривами, до складу яких входить азот, це відбувається на етапі їх інтенсивного розвитку.

Слід зауважити, що сучасні способи внесення мінеральних туків ґрунтуються на внесенні певної дози у межах однієї площі (поля). Враховуючи сучасні потреби аграрного сектору на основі методик точного землеробства, вченими розробляються нові способи внесення мінеральних добрив, що передбачають їх дозоване локальне внесення по площі поля, в залежності від родючості ґрунту та потреби в них рослинами, зокрема диференційоване внесення туків на окремих ділянках поля, із змінними дозами, на основі результатів аналізу врожайності попередників та вмісту поживних елементів у ґрунті [7]. Обмежуючим фактором для розробки та створення технічних засобів, що дозволять реалізувати спосіб диференційного внесення туків, є проблема з дистанційним визначення вмісту поживних елементів у ґрунті. Існуючі методики є трудоекими, вимагають багато часу і коштів для отримання необхідних результатів.

1.2. Технологічні схеми внесення туків

В аграрному секторі вже тривалий час застосовують прямотокову, перевантажувальну та перевалочну технології внесення мінеральних добрив [9].

Найбільш поширеною з них є прямотокова, вона є простою у застосуванні і не потребує додаткових затрат для її використання. Дана технологія не потребує великої номенклатури технічних засобів, порівнюючи з іншими. Під час її реалізації, передбачається в умовах сховища завантаження добрив у технологічні місткості розкидача, у яких вони транспортуються до ділянки внесення, де розкидач добрив забезпечує операцію їх поверхневого

внесення розкидним методом. Переважно для забезпечення даної технологічної схеми використовують розкидачі з об'ємом місткості бункера (кузова) 5 м³ і більше. Важливо відмітити, що ефективність зазначених розкидачів зростає, за їх використання в парі з автомобілями [3].

Відмінність перевантажувальної технології внесення мінеральних туків від прямотокової у тому, що добрива транспортують від сховища до зони внесення спецзасоби, або автомобілі обладнані перевантажувальними засобами (кранбалки, лебідки), ними добрива перевантажуються в польових умовах у бункери розкидачів добрив. Дана технологія зарекомендувала себе, як найбільш продуктивна, для агрегатів з бункерами, як малої (0,5-1,5 м³), так і великої місткості, на операції внесення добрив [3]. Єдиний недолік даної технології полягає в тому, що в господарстві необхідно мати перевантажувальну техніку.

Використовуючи перевалочну технологію, мінеральні туки технікою з складу транспортують до підготовленого на полі майданчику і на ньому їх розвантажують. З майданчика туки завантажують спецтехнікою, або в ручну в ємкості розкидачів мінеральних добрив, і ними вносять добрива.

Дана технологія має ряд недоліків: - перевалочні майданчики бажано обладнувати тимчасовими навісами, для захисту добрив від опадів; - додаткові розвантажувально-завантажувальні операції негативно впливають на технологічний стан туків (пере подрібнення). Внаслідок цього, з зростанням технічного забезпечення господарств технікою і зростанням обсягів використання мінеральних добрив, перевалочна технологія внесення добрив застосовується рідко.

1.3. Агрономічні вимоги до операції внесення мінеральних добрив

Основне завдання сучасних розкидачів мінеральних добрив, це забезпечення рівномірності їх внесення. Відомо, що норми внесення мінеральних туків і рівномірність їх розподілу по поверхні ґрунту розкидачами, впливає на врожайність вирощуваних культур, та якість товарної продукції.

На основі багаторічного досвіду встановлено, що зміна нерівномірності внесення добрив з $\pm 30 \%$ до $\pm 15 \%$ є причиною зменшення втрат урожаю з 8,6-22,4 % до 0,6-1,1 % [9].

Наведені результати свідчать, що чим вища точність внесення розкидачів добрив, тим вища врожайність культур, а отже і ефект від їх використання. На сьогоднішній день проведено багато досліджень з вдосконалення конструктивних параметрів розкидальних пристроїв машин для внесення добрив, але реалії модернізації і створення нових розкидачів свідчать, що підвищення рівномірності внесення туків стає причиною створення складніших і дорожчих пристроїв. Враховуючи вплив нерівномірності внесення добрив на урожайність вирощуваних культур і економічну доцільність ускладнення розкидних пристроїв для внесення туків, агротехнічні вимоги необхідно забезпечити в наступних межах: допустима нерівномірність внесення добрив на робочій ширині захвату розкидача допускається в межах не більше $\pm 20 \%$, а за його напрямом руху $\pm 10 \%$. Дані показники нерівномірності внесення мінеральних туків необхідно забезпечувати на ділянках, ухил яких не перевищує 8° .

Конструктивні особливості розкидача повинні забезпечити незалежність норми внесення туків від швидкості руху агрегата, а також зміну норми внесення у межах:

- 50-150 кг/га - при підживленні вирощуваних культур добривами, що містять азот;
- 100-1000 кг/га – при внесенні мінеральних туків розкидним способом;
- 1000-10000 кг/га – при внесенні меліорантів.

1.4. Перспективи створення нових розкидних пристроїв для внесення мінеральних добрив

Створенню нових пристроїв та вдосконаленню уже існуючих для

рівномірного внесення мінеральних добрив, останнім часом приділяється багато уваги. Це відбувається не тільки завдяки новим розробкам у системі точного землеробства, але і під впливом досягнень аграрних наук, організаційно-господарські форми ведення сільського господарства, впровадження нових технологій вирощування с.г. продукції (стріп-тіл, міні-тіл, ноу-тіл та ін.), розширення асортименту вирощуваних культур, та ін.

Вперше мінеральні добрива почали вносити припосівним внутрішньогрунтовим стрічками способом, з допомогою зернових сівалок [6].

Щоб збільшити врожайність сільськогосподарських культур, науковці рекомендують збільшити норми передпосівного внесення мінеральних добрив у порівнянні з їх припосівним внесенням. Отже виникла потреба максимально механізувати процес суцільного внесення мінеральних добрив, який здійснюють перед початком основного обробітку ґрунту. З цією метою створили бункерні тукові сівалки, завдання яких полягало у поверхневому внесенні мінеральних добрив (РТТ-4,2 та ін). Конструктивно, вони подібні до зернових сівалок (бункер, висівні апарати, привід від опорних привідних коліс, причіпний механізм). Відмінною рисою від зернових сівалок, є те, що вони містять тарілчасті туковисівні апарати і у них відсутні загортачі добрив [6, 7]. Для даного типу сівалок було створено широкий спектр туковисівних апаратів [7], модельний ряд налічує не один десяток і на сьогоднішній день пройшов безліч модернізацій та вдосконалень [12].

З кожним роком застосування мінеральних добрив зростає, відповідно, і норма їх внесення, даний тип розкидачів перестав задовільняти потреби сучасного аграрного сектору за показниками продуктивності, собівартості одиниці роботи, надійності, тощо. Основна причина зменшення їх використання, це мала ширина захвату (4,2-6 м), незначний об'єм бункера для мінеральних добрив, утруднений процес його наповнення, значні затрати ручної праці (рис. 1.1) [8].



Рисунок 1.1 - Тукова сівалка фірми “Gandy Company” (США)

Ще однією причиною, обмеженого застосування розкидачів туків сівалкового типу в тому, що за умови підвищеної вологості добрив, їх рівномірність внесення туків, та надійність роботи, суттєво зменшується [7]. Зменшення їх використання спонукало науковців прикласти більше зусиль для розробки великобункерних розкидачів, одно- і двох- дискового типу.

Продуктивність внесення мінеральних добрив зазнала суттєвого зростання після впровадження розкидачів мінеральних добрив, яких віднесли до окремого класу машин, призначених для розкидання мінеральних добрив гранульованого та порошковидного типів. Відмінною їх особливістю є наявність бункера для засипання добрив. Особливістю даної конструкції є, наявність дозатора у нижній його частині, під яким кріпиться тукорозсівний розкидач мінеральних добрив тарільчастого типу, оснащений приводом, який, приводиться в дію від вала відбору потужності енергетичного засобу (рис.1.2) [9].

У даного типу розкидачів технологічний процес відбувався наступним чином, добрива, завантаженні у бункер, під дією сили земного тяжіння подаються до регульовальної заслінки дозатора. Згідно встановленої норми внесення мінеральних добрив, їх порція поступає на розкидач тарільчастого типу. Добрива за рахунок відцентрової сили, що виникає внаслідок обертання тарільчастого розкидача, розлітається по поверхні ґрунту.



Рисунок 1.2 - Розкидач бункерний начіпний ЕК-301, оснащений однодисковим тукорозкидачем: 1 – диск; 2 - бункер



Рисунок 1.3 – Ворушила зір очкового типу

Одним з недоліків такого типу розкидачів є: значна нерівномірність дози внесення добрив із-за нестабільної швидкості руху агрегату вздовж гону, потреба часто зупиняти агрегат для завантаження добривами, а отже невисока продуктивність, нездатність здійснювати вапнування ґрунтів із-за частого забивання розкидного механізму, необхідність, для внесення мінеральних добрива, перевантажувальної технології.

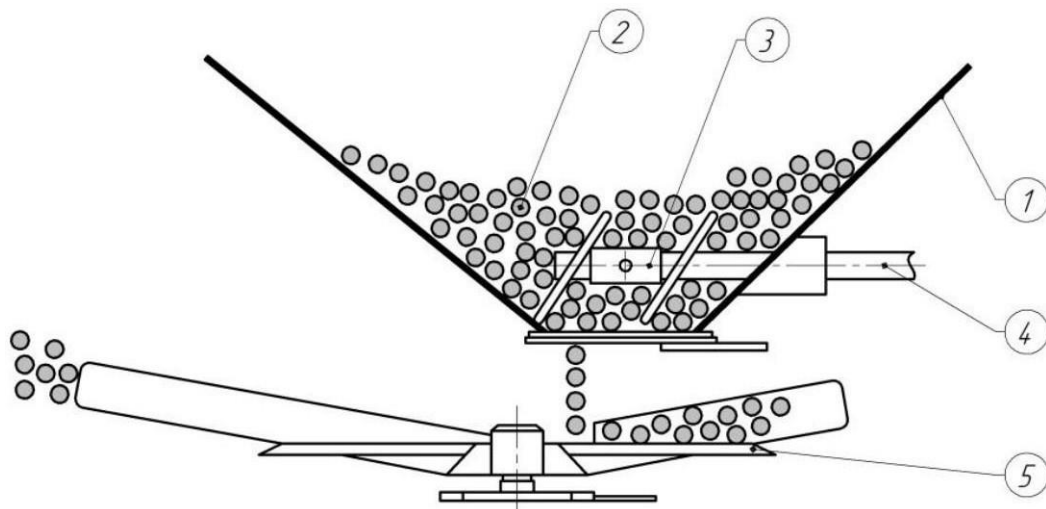


Рисунок 1.4 – Схема дискового розкидача добрив: 1 – бункер; 2 – мінеральні добрива; 3 – шнеко подібний змішувач; 4 – вал приводу; 5 – розподільчий диск

Проривом у вирішенні даної проблеми стало створення машин кузовного типу, для внесення мінеральних туків (рис.1.5) [6].



Рисунок 1.5 - Розкидач мінеральних добрив кузовного типу ZG-B 7001:
1 – привідний ролик; 2 – опорне колесо; 3 – дводисковий розкидач; 4 – кузов

Машина даного типу складається з масивної несучої рами 3, змонтованої на опорно-привідних колесах 4 (рис.1.3). На рамі закріплений технологічний кузов 4, на доні якого, розміщений поздовжній планчасий живильник 5. Живильник забезпечує порційну подачу добрив до вивантажувального вікна 6 кузова 4, яке оснащено заслінкою 7 для регулювання зазору у випускній щілині. Під живильником 5 встановлено туконапрямні пластини 9, під якими закріплений привід 10, з встановленим дводисковим розкидачем 3. Над дводисковим розкидачем за туконапрямними пластинами встановлений туковідбивач 11.

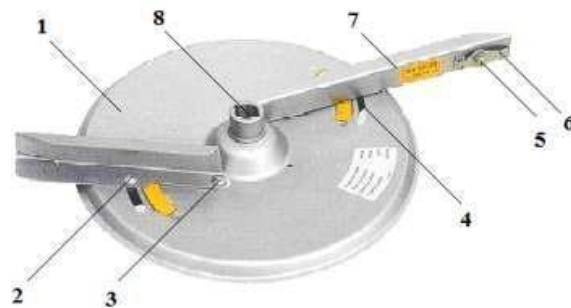


Рисунок 1.6 – Дисківий туковий розкидач: 1 – диск; 2 – фіксатор розміщення планки; 3 – вісь обертання планки; 4 – паз регулювальний; 5 – вісь дашка; 6 – напрямний дашок; 7 – планка; 8 – вісь

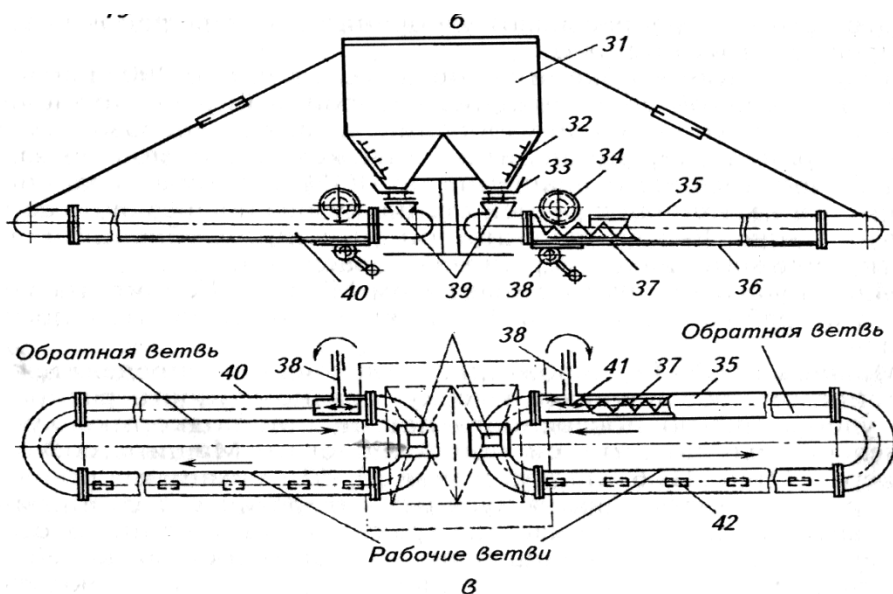


Рисунок 1.7 - Технологічна схема штангового розкидачів міндобрив РШУ-12,МТТ-4Ш



Рисунок 1.8 - Штанговий розкидач мінеральних добрив СУ-12

Проведений аналіз способів внесення твердих мінеральних туків, а також розкидачів для забезпечення даної технологічної операції, свідчить про потребу в обґрунтуванні основних конструктивних та технологічних параметрів розкидальних пристроїв для внесення мінеральних добрив, з метою забезпечення їх якісного та рівномірного внесення.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ВІДЦЕНТРОВОГО ТУКОРОЗСІВНОГО АПАРАТУ

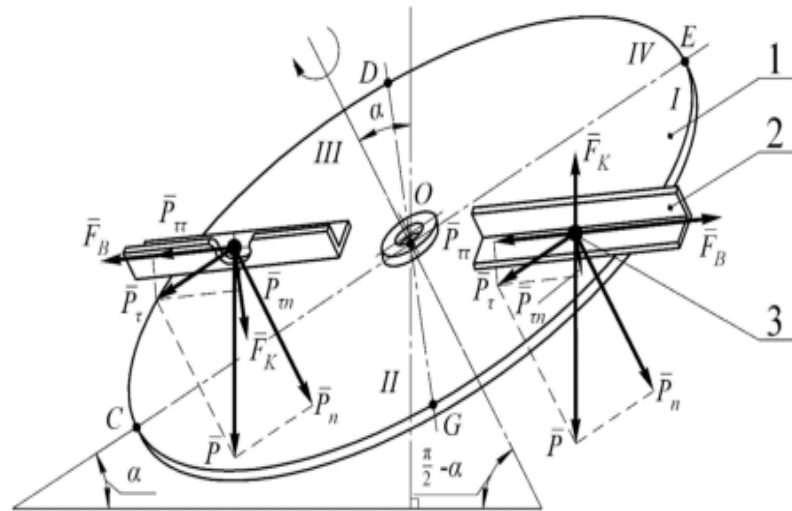
2.1 Теорія руху туків по поверхні дискового робочого органу

Розглянемо конструкцію дискового робочого органу з нахиленою віссю обертання, який складається з механізму приводу, що приводить в обертовий рух плоский диск з радіально закріпленими до його робочої поверхні планками. Особливістю даного дискового робочого органу є те, що його вісь обертання встановлена під певним кутом α , до поверхні землі.

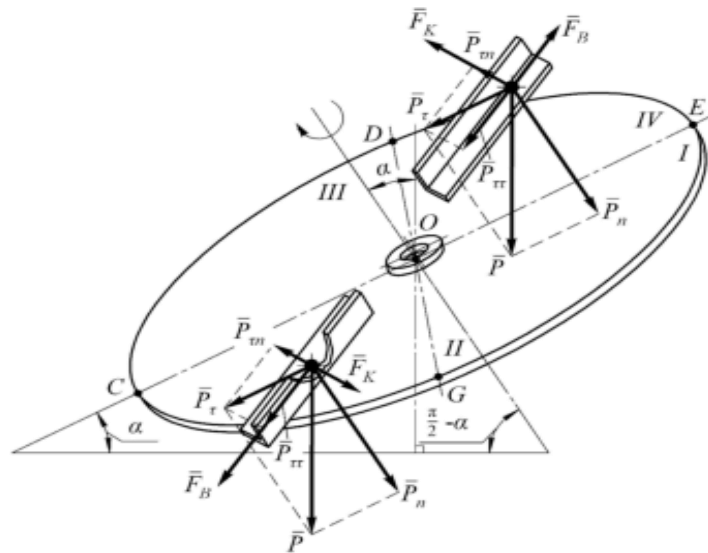
Для даного розкидача розглянемо математичну модель, що відображає руху туків уздовж розкидного диска, по радіально розміщеній пластині. Побудуємо схему, з розміщеною на ній матеріальною точкою (туком), що переміщається вздовж пластини похилого розкидного диска, і зобразимо сили, що діють на неї (рис. 2.1). Де відповідно точка M – нульове розташування тука на пластині, точка S – миттєве розташування тука на пластині, точка O – центр обертання розкидного диска.

З метою спрощення розв'язку даної задачі, приймаємо умову:

- коефіцієнт тертя туків по поверхні пластини є величина стала;
- траєкторія руху кожного туку однакова і співпадає з особливістю руху всіх туків уздовж пластини;
- частина туків переміщається уздовж пластини по ділянці, яка є загальною для стінки пластини і поверхні розкидного диска, ковзаючи;
- товщину розкидної пластини і діаметр туків не враховуємо.



а



б

Рисунок 2.1 - Схема переміщення туків вздовж розкидної пластини, по поверхні диска, що встановлений під кутом α до поверхні твірної:

а, б – відповідно туки, що рухається вздовж розкидної пластини у секторах диска I, III і II, IV; 1 – диск; 2 – розкидна пластини; 3 – туки

Суттєвою відмінністю розкидання туків розкидним диском з нахиленою віссю обертання, порівняно з звичайним тарілчастим диском, є те, що відрізняються вектори осей обертання, а отже будуть відрізнятись і зусилля, що діють на туки, залежно від того, на яку ділянку похилого розкидного диска вони потрапляють і переміщуються вздовж розкидної пластини: на верхню ділянку нахиленої поверхні диска або в нижній його площині, справа чи зліва від вісі обертання. Дану особливість слід врахувати аналітично розв'язуючи дану

задачу.

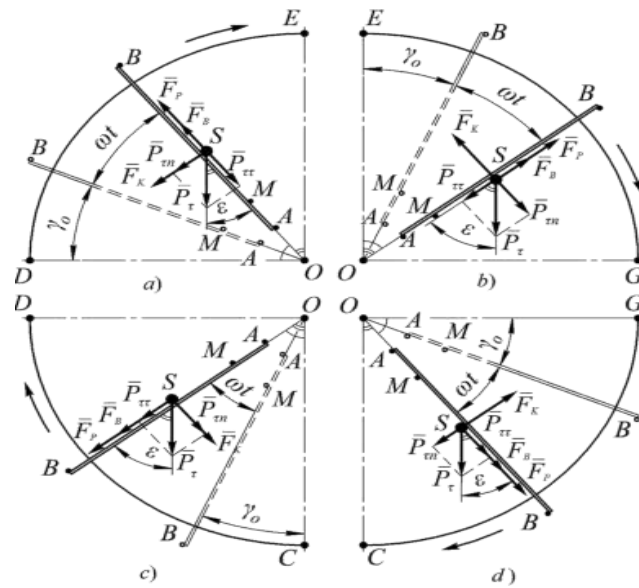


Рисунок 2.2 - Зусилля, під дією якого туки рухаються вздовж розкидної планки: *a), b), c), d)* – відповідно рух туків вздовж планки в секторах IV, I, II і III

2.2. Конструктивні параметри дискового розкидача

До основних параметрів конструкції дискового розкидача (рис.2.2), можна віднести, максимальний і мінімальний радіуси обертання розкидної планки та критичні швидкості руху туків вздовж неї. Максимальна і мінімальна швидкості зходу туків, від якої буде залежати діапазон регулювань довжин розкидної планки і її кута встановлення відносно вектора обертання.



Рисунок 2.3 – Відцентровий розкидач, дискового типу

Швидкість сходження буде залежати, від регулювань довжини розкидної планки та її кута встановлення, також від обертів дискових розкидачів та

ділянки потрапляння гранул туків на площину сферичного диска. Для вирішення даного завдання необхідно провести ряд розрахунків.

Максимальний радіус розвороту кінцевих точок дискового розкидача (рис. 2.4) рівний, тоді коли розкидний диск розташований радіально.

$$R_{max} = |OO_1| + |O_1A| + \Delta O_1A, \quad (2.1)$$

де $|OO_1|$ – відстань від точки O обертання розкидного диска до кутового відхилення O_1 планки від радіального положення, що вимірюється кутом, α ;

$|OA_1|$ – відстань розкидної планки від початку точки O_1 до її крайньої точки A ;

ΔO_1A – збільшення довжини розкидної планки за рахунок певної кривизни, м.

O – точка центру обертання розкидного диска, з кутом відхилення точки O_1 – радіальне розташування розкидної планки;

R_{max} – максимальний радіус обертанням граничної точки;

α – кут граничного відхилення розкидної планки від радіалу;

A – точка видовження розкидної планки;

R_{max}' – максимальний радіус обертання розкидного диска.

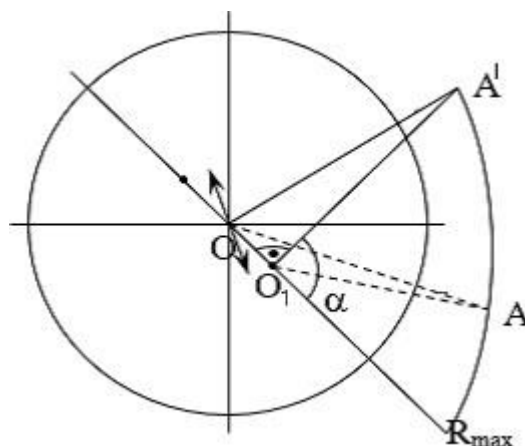


Рисунок 2.4 – Схема для графічного розрахунку основних конструктивних параметрів розкидного диска

В цілому даний радіус є змінною величиною, яку можна розрахувати на

основі трикутника ΔOO_1A " згідно теореми косинусів.

$$R_{max} = \sqrt{|OO_1|^2 + (|O_1A| + \Delta O_1A)^2 - 2|OO_1| \cdot (|OO_1| + \Delta O_1A) \cdot \cos(180 - \alpha)}. \quad (2.2)$$

R_{max} отримаємо, коли кут $\alpha = 0$, а трикутник ΔO_1A набере максимального значення.

$$R = \sqrt{(|O_1O| + (|O_1A| + O_1A))^2} = |O_1O| + |O_1A| + \Delta O_1A. \quad (2.3)$$

Зміна граничного радіуса точки обертання планки залежить від зміни кута α і трикутника ΔO_1A . Прийmemo, що кут α рівний 0, а відхилення точки ΔO_1A має граничне значення,

$$R_{max} = 85 + 210 + 25 = 320 \text{ мм} = 0,320 \text{ м}.$$

Для $\alpha = 90$ – гранична відстань розкидної планки від центрального розташування $\Delta O_1A=0$.

$$R_{min} = \sqrt{|O_1O|^2 + |O_1A|^2}, \quad (2.4)$$

$$R_{min} = \sqrt{85^2 + 210^2} = 220,5 \text{ мм} = 0,220 \text{ м}.$$

Приймаючи, що розкидний диск обертається з постійною кутовою швидкістю ω , яка рівна 55 рад/с, визначемо максимальну та мінімальну швидкості розкидання частинок туків з допомогою стандартних розрахунків.

$$V_{max} = \omega \cdot R_{max}; \quad (2.5)$$

$$V_{max} = 55 \cdot 0,320 = 17,6 \text{ м/с};$$

$$V_{min} = \omega \cdot R_{min}; \quad (2.6)$$

$$V_{min} = 55 \cdot 0,220 = 12,1 \text{ м/с}.$$

Отже, частинки туків наберуть максимальної швидкості розкидання, коли дискові розкидні пластини встановлені радіально до вісі обертання з граничним видовженням, а мінімальної швидкості вони набируть, коли розкидна планка відхилена на 90° , а її видовження рівне нулю.

Розрахунок дальності польоту частинок туків. Туки переміщаються вздовж розкидної планки, профіль якої має сферичну форму. Отже, слід враховувати випадок переміщення туків, які сходять з розкидного диска під

певним кутом до горизонту (рис. 2.5).

L_A – шлях переміщення туків на граничній висоті; L_B – шлях переміщення туків до приземлення; L_x – весь шлях; V – вихідна швидкість; V_y – швидкість вільного падіння; β – кут сходу з диска; A – максимальна точка польоту туків; $H_{\text{під}}$ – висота підйому туків; H_0 – висота встановлення розкидних дисків.

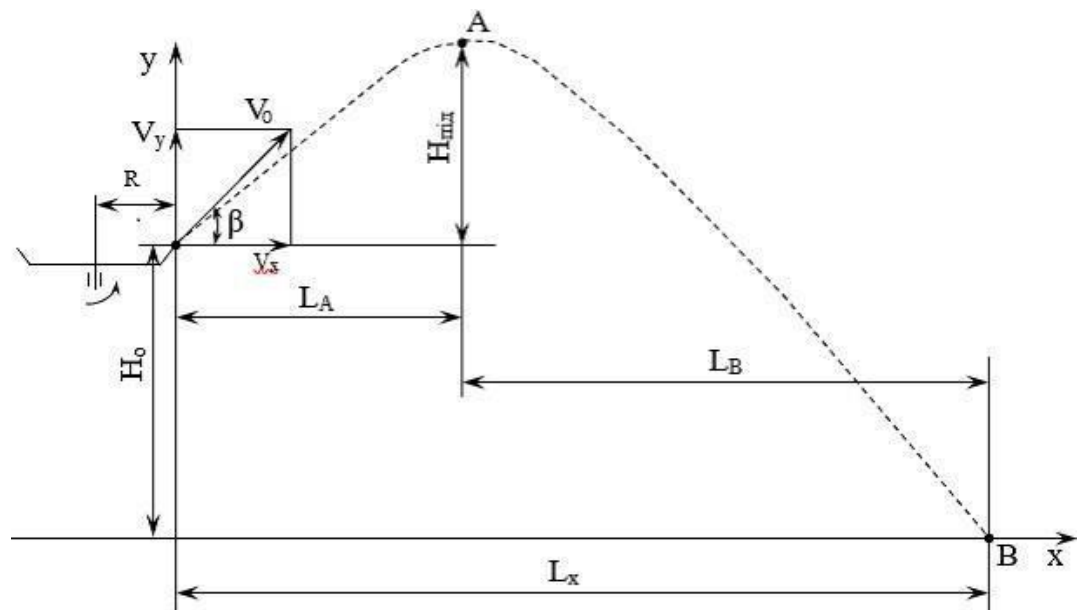


Рисунок 2.5 – Схема розрахунку польоту частинки туків

Важливим критерієм переміщення частинки у процесі польоту є точка A , це гранична висота руху частинки туків. Для цієї точки A є характерним те, що її вертикальна швидкість $V_y = 0$ рівна нулю і після цього моменту вона перебуває в стані вільного падіння, а тоді:

$$L_A = V_x \cdot t_A; \quad (2,7)$$

$$L_B = V_x \cdot t_B, \dots \dots \dots (2.8)$$

де t_A – час викиду частинки на максимальну висоту, визначаємо за відповідною умовою,

$$V_y = V_0 \cdot \sin \beta - g t_A; (2.9)$$

Якщо $V_y = 0$, то

$$V_0 = \frac{\sin\beta - gt_A}{V_0 \sin\beta} = 0 \rightarrow t_A \quad (2.10)$$

де β – кут напрямку підкидання відносно горизонту, $\beta = 30^\circ$.

$$t_{Amax} = \frac{V_{max} \cdot \sin\beta}{g} = \frac{17,6 \cdot \sin 30^\circ}{9,8} = 0,89 \text{ с}; \quad (2.11)$$

$$t_{Amin} = \frac{V_{min} \cdot \sin\beta}{g} = \frac{12,1 \cdot \sin 30^\circ}{9,8} = 0,62 \text{ с}. \quad (2.12)$$

Таким чином, шлях, який пролетить частинка вздовж вісі X , досягне максимальної висоти, буде визначено:

$$L_{Amax} = t_{Amax} \cdot V_{max} \cdot \cos\beta = 0,89 \cdot 17,6 \cdot \cos 30^\circ = 13,56 \text{ м}; \quad (2.13)$$

$$L_{Amin} = t_{Amin} \cdot V_{min} \cdot \cos\beta = 0,62 \cdot 12,1 \cdot \cos 30^\circ = 6,49 \text{ м}. \quad (2.14)$$

У такому разі висота підйому частинки гранули

$$H_{max} = \frac{v_{max}^2 \cdot \sin^2\beta}{2g} = \frac{17,6^2 \cdot \sin^2 30^\circ}{2 \cdot 9,8} = 3,95 \text{ м}; \quad (2.15)$$

$$H_{min} = \frac{v_{min}^2 \cdot \sin^2\beta}{2g} = \frac{12,1^2 \cdot \sin^2 30^\circ}{2 \cdot 9,8} = 1,86 \text{ м}. \quad (2.16)$$

В такому разі, інтервал часу, протягом якого частинка падає, визначається відповідно до умов.

$$t_{max} = \sqrt{\frac{2(H + H_{max})}{g}}, \quad (2.17)$$

де H – висота розташування розкидних дисків, $H = 0,8$ метрів.

$$t_{max} = \sqrt{\frac{2(0,8 + 3,95)}{9,8}} = 0,98 \text{ с};$$

$$t_{min} = \sqrt{\frac{2(H + H_{min})}{g}} = \sqrt{\frac{2(0,8 + 1,86)}{9,8}} = 0,73 \text{ с}. \quad (2.18)$$

Отже, узагальнюючи, максимальний радіус польоту частинки можна визначити так:

$$L_{max} = L_{Amax} + V_{max} \cdot \cos\beta \cdot t_{max} = 13,56 + 17,6 \cdot \cos 30^\circ \cdot 0,98 = 28,49 \text{ м}; \quad (2.19)$$

$$L_{min} = L_{Amin} + V_{min} \cdot \cos\beta \cdot t_{min} = 6,49 + 12,1 \cdot \cos 30^\circ \cdot 0,73 = 14,13 \text{ м}. \quad (2.20)$$

Беручи до уваги, що під час переміщення гранул у вільному падінні діє опір повітря, а також існує подвійне перекриття, припустимо, що активна ширина розсіювача буде змінюватись в межах від 28 до 14 метрів, коли кут α нахилу лопатки змінюється від 0 до 90° .

Висновки

До основних параметрів конструкції дискового розкидача, можна віднести, максимальний і мінімальний радіуси обертання розкидної планки та критичні швидкості руху туків вздовж неї.

Швидкість сходження буде залежати, від регулювань довжини розкидної планки та її кута встановлення, також від обертів дискових розкидачів та ділянки потрапляння гранул туків на площину сферичного диска.

Туки наберуть максимальної швидкості розкидання, коли дискові розкидні пластини встановлені радіально до вісі обертання з граничним видовженням, а мінімальної швидкості вони набируть, коли розкидна планка відхилена на 90° , а її видовження рівне нулю.

Беручи до уваги, що під час переміщення гранул у вільному падінні діє опір повітря, а також існує подвійне перекриття, припустимо, що активна ширина розсіювача буде змінюватись в межах від 28 до 14 метрів, коли кут α нахилу лопатки змінюється від 0 до 90° .

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень

Завдання експериментальних досліджень, це перевірити отримані результати на адекватність.

Щоб задовільнити вимоги досліджень, згідно стандарту [6; 7], розроблено методику експериментальних досліджень:

- дослідити вплив механічних властивостей мінеральних добрив на процес їх внесення;
- перевірити, правильність основних теоретичних залежностей;
- провести аналіз конструктивних параметрів та режимів роботи дискового розкидача туків;
- перевірка якості роботи розкидача туків.

3.2. Методки досліджень

Для проведення дослідження технологічного процесу внесення туків, було використано наступні види добрив: аміачну селітру, нітрофоску (гранульовані, кристалічні, порошковидні).



Рисунок 3.1 – суперфосфат, нітрофоска, карбомід

До основні фізико-механічних властивостей мінеральних добрив відносяться: гігроскопічність, механічний склад, коефіцієнт тертя, кут

природнього відкосу, злежуваність та інші [7]. Ці показники суттєво впливають на роботу розкидальних механізмів машин.

Для дослідження умов розкидання гранульованих мінеральних добрив, використали експериментальний пристрій (рис. 3.2), схема якого наведена на рис. 3.3.



Рисунок 3.2 - Лабораторна установка

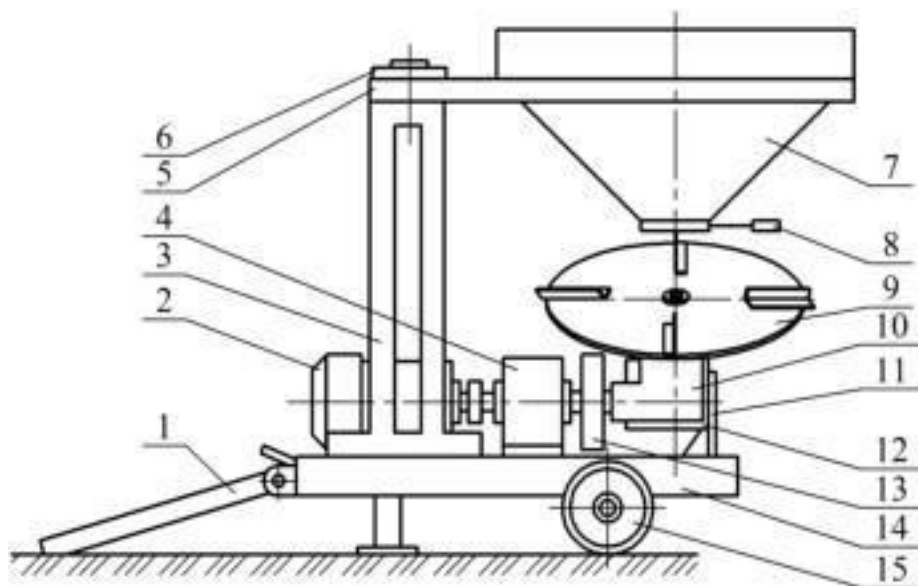


Рисунок 3.3 – Схема лабораторної установки:

1 – важіль; 2 – електродвигун; 3, 5 – рухома та поворотна рама; 4 – варіатор; 6 – поворотний механізм; 7 – ємкість; 8 – дозувальна заслінка; 9 – дисковий розкидач; 10 – конічний редуктор; 11, 12 – кріплення; 13 – муфта; 14 – основна рама; 15 – опорні колеса

При виконанні дослідження, притримуємось основних положень ДСТУ 20315–75 «Сільськогосподарська техніка. Методика визначення умов випробувань», ДСТУ 28714–2007. «Машини для внесення твердих мінеральних добрив. Методи випробувань».

Були використані такі умов роботи дослідного обладнання та конструктивні параметри дискового розкидача мінеральних добрив:

- зміна обертів дискового розкидача, від 500 до 800 об/хв;
- кут встановлення похилого диска до твірної основи, від 0° до 45°.

Досліджуваний матеріал (гранули досліджуваних добрив) з контейнера рівномірним потоком подаються до живильника дискового розкидача мінеральних добрив. Під дією сил земного тяжіння, гранул добрив зсипаються на розкидний диск і під дією відцентрової сили з допомогою направляючих пластин сходили з нього і висівались у мірні контейнери. Після чого кожен мірний контейнер окремо зважувався на електронних терезах.

Контейнери для туків, розташували в лабораторії рівномірно на поверхні щільно один до одного, як зображено на рис. 2.4. Зважували і виділяли контейнери, вага яких принципово відрізнялась від решти. Виміряли, дальність розкидання туків, залежно від виду добрив та їх зовнішніх розмірів.

Для досліджень використовували суперфосфат, нітрофоску, карбомід (рис. 2.1), використовуючи запропоновану методику, враховуючи необхідну кількість повторів досліджень для отримання необхідної достовірності інформації, щоб правильно вибрати необхідний кут встановлення розкидного диска для забезпечення його найкращої рівномірності внесення добрив.

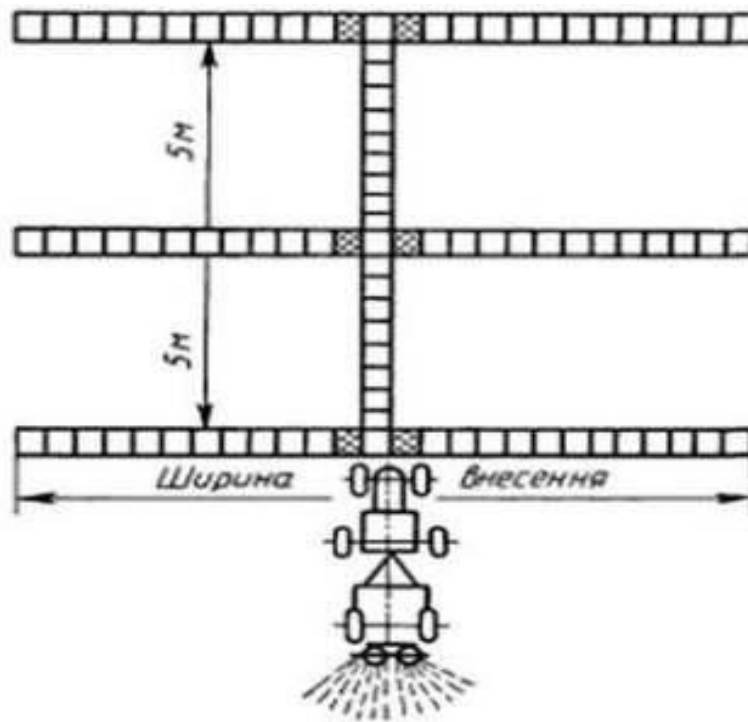


Рисунок 3.4 - Розташування контейнерів, для визначення коефіцієнта нерівномірності розкидання туків

3.3. Мета експериментальних досліджень

На основі результатів теоретичних досліджень роботи дискового розкидача мінеральних добрив з нахилоною віссю обертання, вдалось розрахувати параметри нового розкидального пристрою та запропонувати його конструктивну схему. Запропонована модель повинна забезпечити вищу рівномірність внесення мінеральних добрив, та забезпечити агротехнічні вимоги, що ставляться до даної операції.

Внаслідок того, що в теоретичних дослідженнях неможливо врахувати всіх зовнішніх факторів (вологість оточуючого середовища, зміну поривів вітру, розміри всіх гранул туків що вносяться та ін.), зробити остаточні висновки, щодо конструктивних параметрів та режимів роботи запропонованого розкидача неможливо. Тому виникає потреба у проведенні лабораторних досліджень запропонованої моделі дискового розкидача та особливостей поведінки туків на його робочій поверхні, зокрема дослідити вплив фізико - механічних властивостей досліджуваних добрив на умови його роботи.

Головна задача лабораторних досліджень - це перевірка адекватності отриманих математичних розрахунків і загальних висновків щодо забезпечення високої рівномірності внесення мінеральних добрив та їх розкидання.

Зокрема є дцільним провести перевірку в лабораторних та польових умовах, вплив конструктивних регулювань зміни кута розкидання, на нерівномірність нанесення туків на поверхню поля.

3.4. Методика визначення фізико-механічних властивостей досліджуваних добрив

Для дослідження фізико-механічних властивостей мінеральних добрив, були використані гранули суперфосфату, нітрофоски, карбоміду, добрива найбільш поширені в аграрному секторі.

Фізико-механічні властивості добрив суттєво впливають на якість їх нанесення на поверхню поля [9, 11]. Слід врахувати, що властивості одних і тих же добрив, що поставляються аграрному сектору, також можуть змінюватись під впливом сторонніх факторів (неналежні умови зберігання, підвищена вологість, переподрібнення в процесі транспортування та ін.). Тому виникає потреба перепроверити фізико-механічні властивості добрив, використаних у лабораторних дослідженнях.

З цією метою ми перепроверили наступні властивості досліджуваних добрив: гігроскопічність, щільність, розмірні показники гранул і коефіцієнт тертя по сталій поверхні [5].

Вологість досліджуваних туків вимірювали за класичною методикою (висушування дослідних зразків у сушильній камері при температурі $100 \pm 5^{\circ}\text{C}$, з періодичним їх зважуванням, до тих пір поки маса не перестане змінюватись, різниця між масою вологого зразка і сухого і буде показником вологості), [6].

Щільність досліджуваних зразків добрив визначаємо, як відношення маси зразка до його об'єму, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Розмірні показники гранул добрив досліджували відповідно вимірам

ДОСТУ 21560.1–82, використавши набір сит з отворами діаметром 0,25 - 10,0 мм [7]. Дослідження проводили з допомогою решітного класифікатора.



Рисунок 3.5 - Решітний класифікатор ГР-50

1-пружини; 2-електромагнітний вібратор; 3-калібровані решета; 4,6- притискні диски, 5-притискний ексцентриковий важіль



Рисунок 3.6 - Вигляд решіт

Для досліджень розмірних показників, порцію добрив насипали на верхнє решето класифікатора. З допомогою електромагнітного класифікатора решета, наповнені гранульованими добривами, приводяться в рух. Електромагнітний вібратор приводить у дію решета, забезпечуючи їм коливання певної частоти і амплітуди, що сприяє розподілу гранул туків між решетами. На основі

отриманого розподілу добрив на решетах, можна встановити основні фракції гранул туків.

Коефіцієнти тертя ковзання, туків по стаевій поверхні, визначаємо з допомогою приладу В.А.Желіговського.

Важливість динамічного коефіцієнта ковзання добрив полягає в тому, що він характеризує взаємодію туків з робочою поверхнею розкидного диска розкидача. Використовуємо для лабораторних досліджень методику В.А.Желіговського (рис. 3.7).

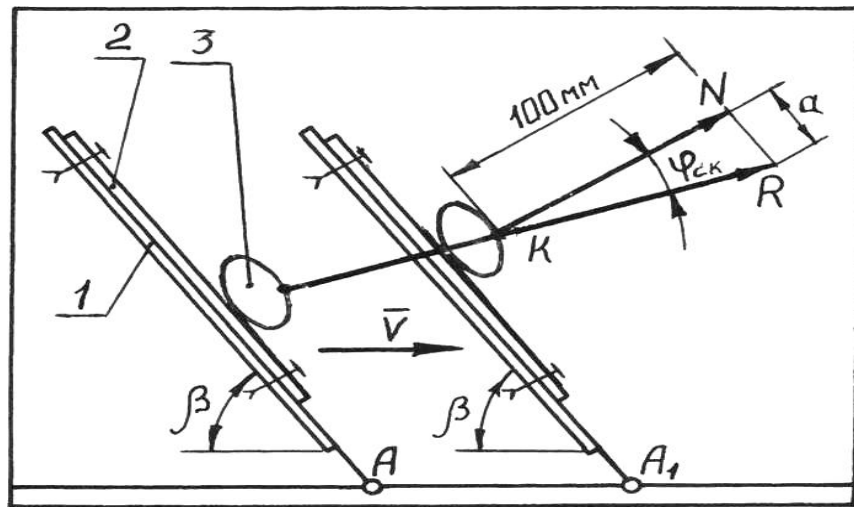


Рисунок 3.7 - Схема визначення коефіцієнта зовнішнього тертя ковзання добрив



Рисунок 3.8 - Вигляд приладу В.А. Желіговського

Таблиця 3.1 - Матриця повнофакторного експерименту досліджень
рівномірності розподілу суперфосфату дисковим розкидачем

№ п/п	Показники факторів у натуральних (кодованих) значеннях	
	n , об/хв (X_1)	α , град. (X_2)
1	600 (-1)	30 (-2)
2	600 (-1)	20 (-1)
3	600 (-1)	10 (0)
4	600 (-1)	0 (+1)
5	800(0)	30 (-2)
6	800(0)	20 (-1)
7	800(0)	10 (0)
8	800(0)	0 (+1)
9	1000 (+1)	30 (-2)
10	1000 (+1)	20 (-1)
11	1000 (+1)	10 (0)
12	1000 (+1)	0 (+1)

Таблиця 3.2 - Матриця повнофакторного експерименту досліджень
рівномірності розподілу нітрофоски дисковим розкидачем

№ п/п	Показники факторів у натуральних (кодованих) значеннях	
	n , об/хв (X_1)	α , град. (X_2)
1	600 (-1)	30 (-2)
2	600 (-1)	20 (-1)
3	600 (-1)	0 (+1)
4	800 (0)	30 (-2)
5	800 (0)	20 (-1)
6	800 (0)	0 (+1)

Таблиця 3.3 - Матриця повнофакторного експерименту досліджень
рівномірності розподілу карбоніду дисковим розкидачем

№ п/п	Показники факторів у натуральних (кодованих) значеннях	
	n , об/хв (X_1)	α , град. (X_2)
1	600 (-1)	30 (-2)
2	600 (-1)	20 (-1)
3	600 (-1)	0 (+1)
4	800 (0)	30 (-2)
5	800 (0)	20 (-1)
6	800 (0)	0 (+1)

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Результати досліджень фізико-механічних властивостей добрив

На основі проведених лабораторних досліджень, наводимо основні результати фізико-механічних властивостей зразків досліджуваних мінеральних добрив.

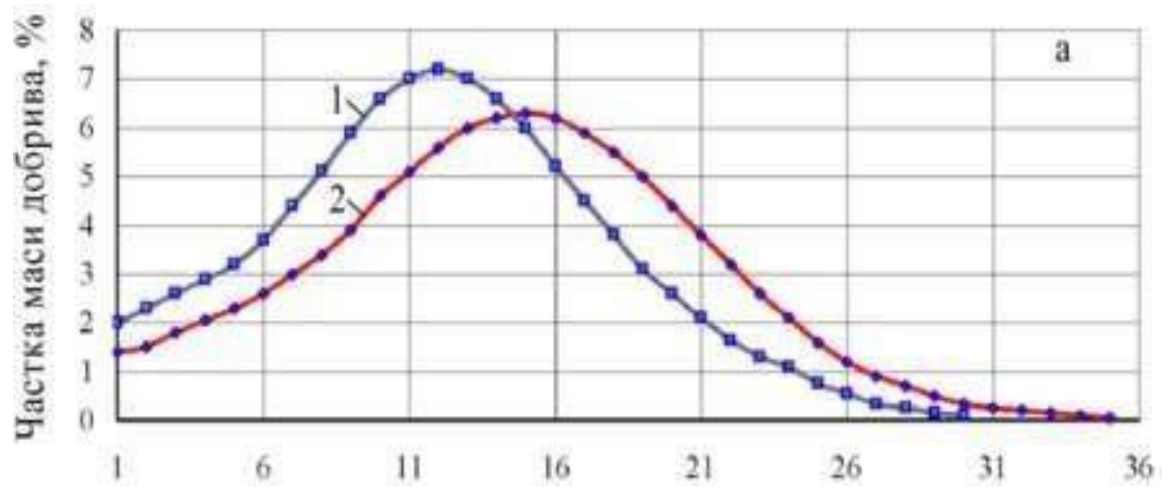
Дослідження властивостей суперфосфату, нітрофоски і карбоміду дали наступні результати: середнє значення вологості для даної групи добрив коливається в межах 0,31-0,36%; щільність коливається в межах 0,6-1,0 т/м: для суперфосфату – 1..1,2 т/м³, аміачна селітра – 0,8..1,0 т/м³, хлористий калій, калійна сіль – 0,9..1,0 т/м³; аналіз розмірних показників показав, що максимальна кількість гранул добрив мають розмір 3 мм, це приблизно 70%; з розміром 2 мм, приблизно 20%, процент інших фракцій відносно незначний і ми його враховувати не будемо.

4.2. Концентрація добрив у напрямку розкидання

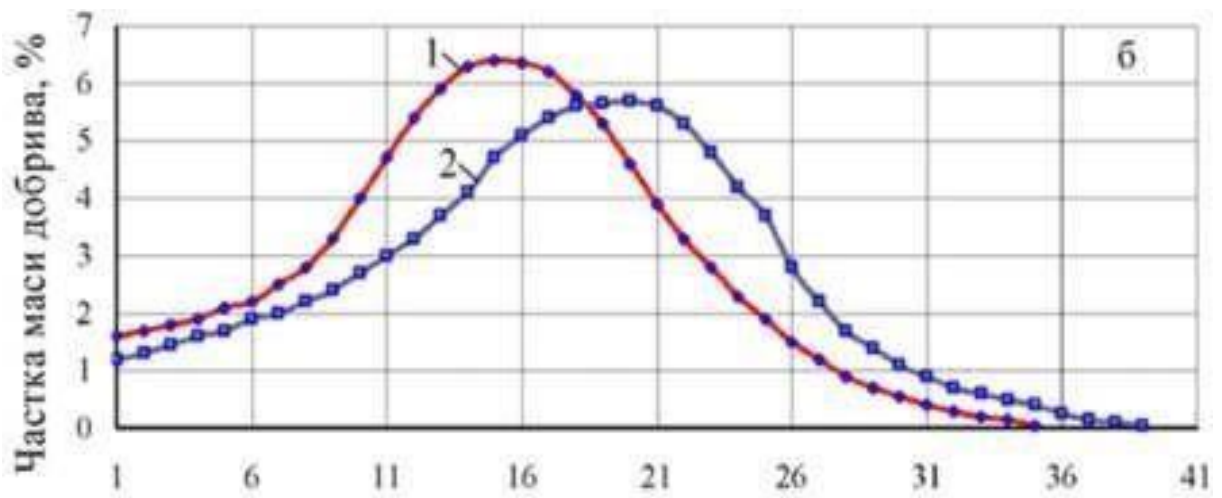
На основі отриманих результатів, досліджуємо, як впливає зміна частоти обертання розкидного диска на особливості розкидання гранул добрив, за напрямком їх внесення, будуємо графічні залежності (рис. 4.1).

Результати лабораторних досліджень свідчать, що при обертах розкидача 600 об/хв, максимальна ефективна траєкторія польоту гранул туків, за напрямком руху сягає до 16 м, збільшення обертів розкидного диска в 1,5 рази, не суттєво вплине на дальність траєкторії їх польоту, а максимальна дальність розсіювання сягне 18,2 м.

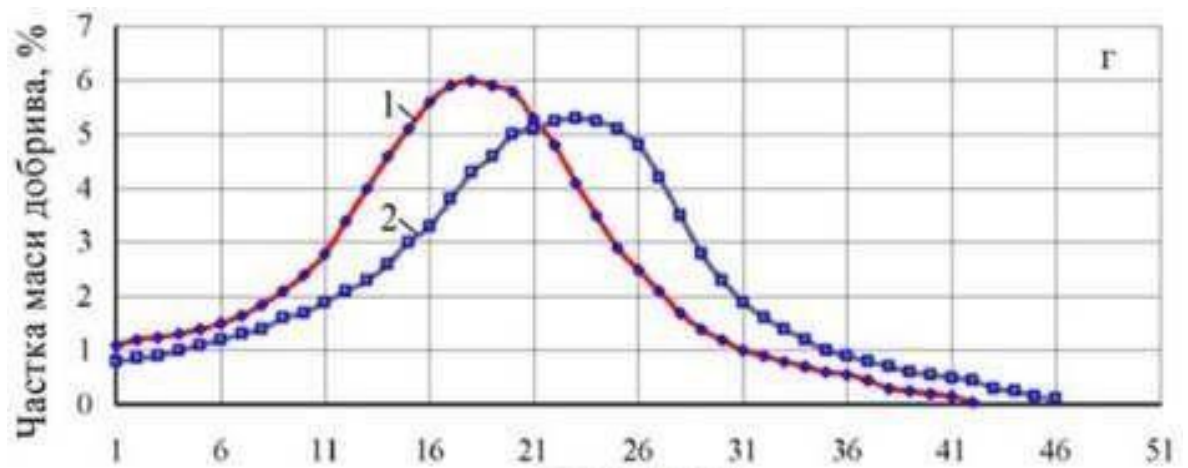
Згідно отриманих результатів, можна зробити висновок, що збільшення обертів розкидного диска з 600 об/хв до 800 об/хв, дозволить збільшити дальність траєкторії польоту гранул туків на 18,5%, а максимальна траєкторія польоту туків, зростає на 30%.



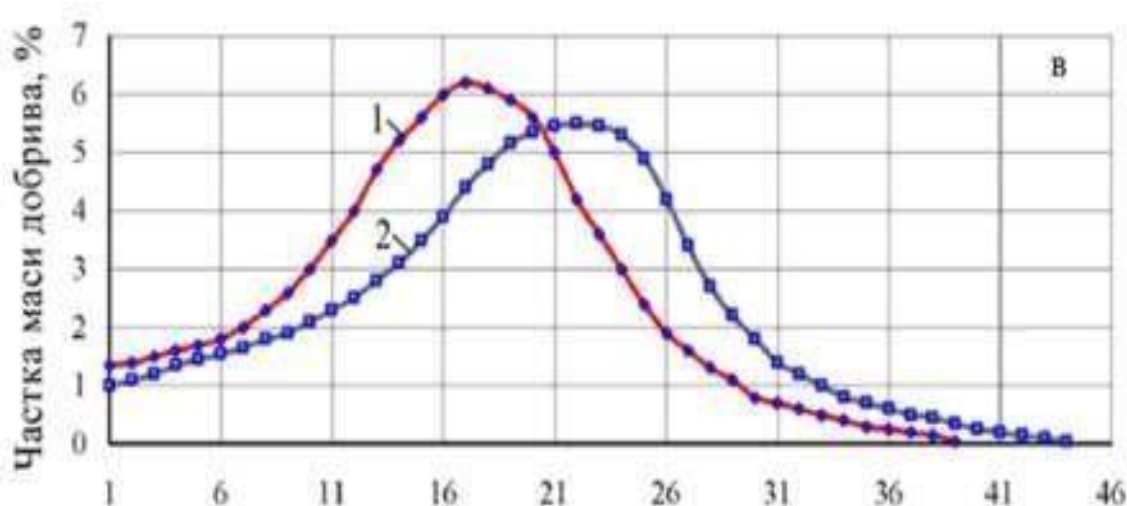
номер контейнера а)



номер контейнера б)



номер контейнера в)



номер контейнера г)

Рисунок 4.1 – Графічні залежності внесення гранульованих туків у напрямі внесення, у контрольних контейнерах, при зміні обертів розкидного диска:

а, б, в, г – кути нахилу розкидного диска до твірної основи відповідно 0° , 10° , 20° , 30° ; 1 – швидкість обертів розкидного диска 600 об/хв; 2 – швидкість обертів розкидного диска 800 об/хв.

Наведемо результати рівномірності розкидання гранульованих туків, від зміни обертів та кута встановлення розкидного диска. Результати досліджень подаємо графічно рис. 4.2.

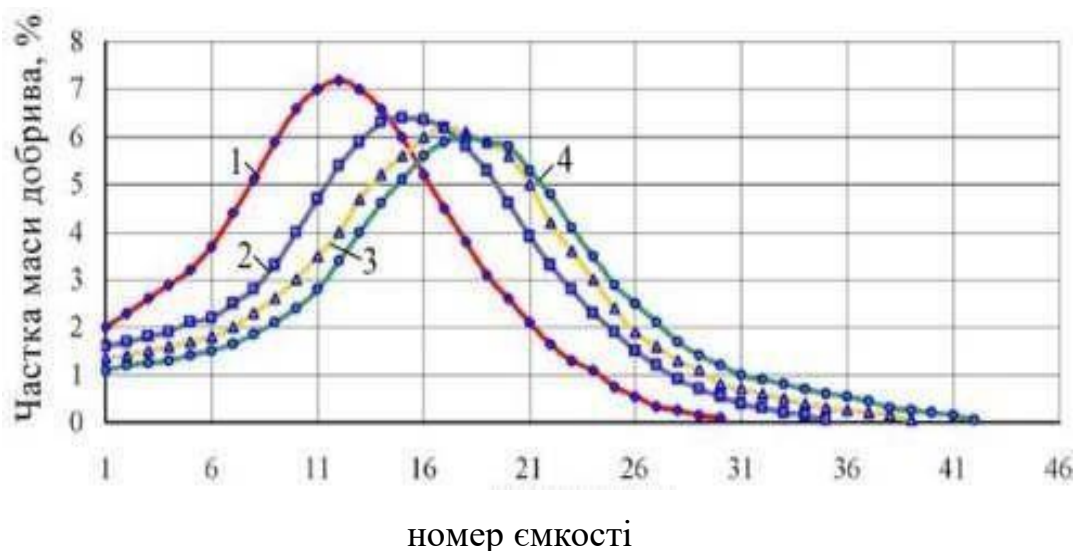


Рисунок 4.2 - Розподіл гранульованих туків у напрямі внесення у контейнерах, для обертів розкидного диска 600 об/хв, і кута його встановлення до горизонту: 1 – кут 0° ; 2 - кут 10° ; 3 - кут 20° ; 4 – кут 30° .

Аналогічно, здійснюємо лабораторні дослідження для обертів розкидного

диска 800 об/хв, та різних кутах встановлення розкидного диска до твірної основи рис. 4.3.

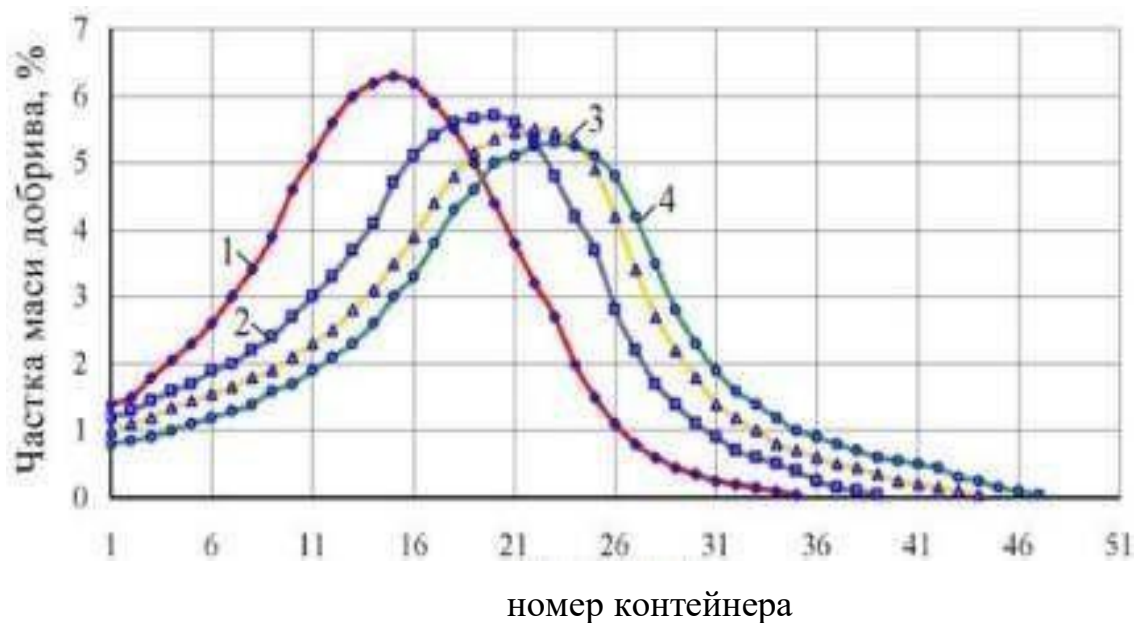


Рисунок 4.3 – Розміщення гранул туків у напрямі внесення у контейнерах, для обертів розкидного диска 800 об/хв і кута його встановлення до горизонту: 1 – кут 0°; 2 - кут 10°; 3 - кут 20°; 4 – кут 30°.

Результати лабораторних досліджень свідчать, що зростання швидкості обертання розкидача в межах 600 – 800 об/хв, для всіх змінних кутів розкидача, сприяє зростанню ефективної польоту гранул досліджуваних туків.

4.3. Дослідження ширини захвату розкидача

Для дослідження впливу зміни кута встановлення розкидного диска до горизонту на траєкторію польоту гранульованих туків та рівномірність їх внесення, була використана методика згідно до ДОСТУ 28714-2007. «Машини для внесення твердих мінеральних добрив. Методи випробувань», отримані результати лабораторних досліджень наведені на графіках (рис. 4.4).

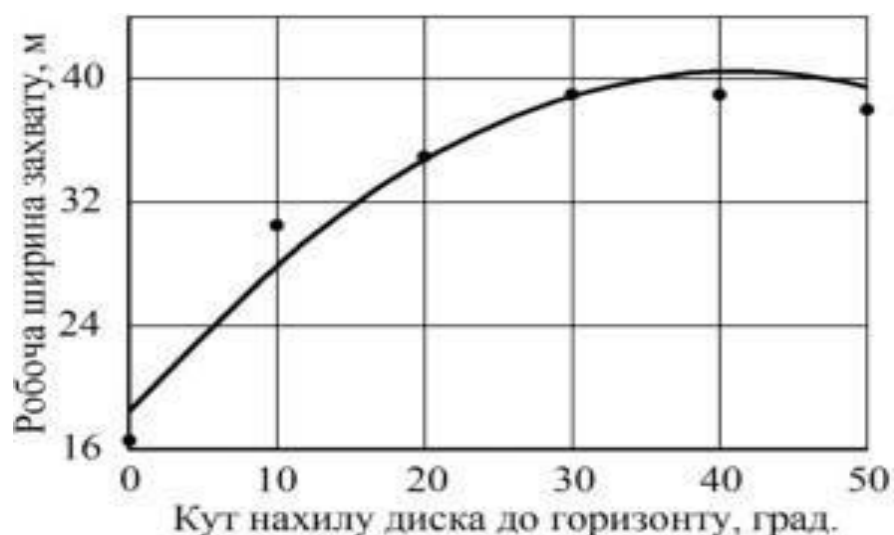


Рисунок 4.4 – Графіки залежності ширини розкидання добрив, двома розкидними дисками із змінним кутом їх нахилу

Зміна кута встановлення дисків з 20° до 30° сприяє зростанню ширини внесення добрив у 1,11 рази, що відповідає 11,4%. Збільшення кута встановлення розкидача до 40°, не вплинуло на збільшення ширини розкидання добрив.

Згідно отриманих результатів, зробимо висновок: оптимальним кутом встановлення розкидача до горизонту є 25–30°. Також слід зауважити, що нерівномірність внесення туків по ширині захвату становила до $\pm 20\%$, а за напрямком руху – $\pm 10\%$, дані показники забезпечують необхідні вимоги до внесення гранульованих добрив.

4.4. Впливу аеродинамічних властивостей мінеральних добрив на якість їх внесення

Аеродинамічні властивості гранульованих добрив, мають важливий вплив на якість їх внесення (траєкторія та дальність польоту, розсіюваність, тощо). Результати цих досліджень наводимо на рис. 4.5. Дослідження проводились для досліджень зразків гранул добрив, змінюючи швидкість повітряного потоку від 0 м/с, до граничної 2 м/с. При її збільшенні, стрімко зростає нерівномірність внесення туків, і перевищує агротехнічні обмеження.

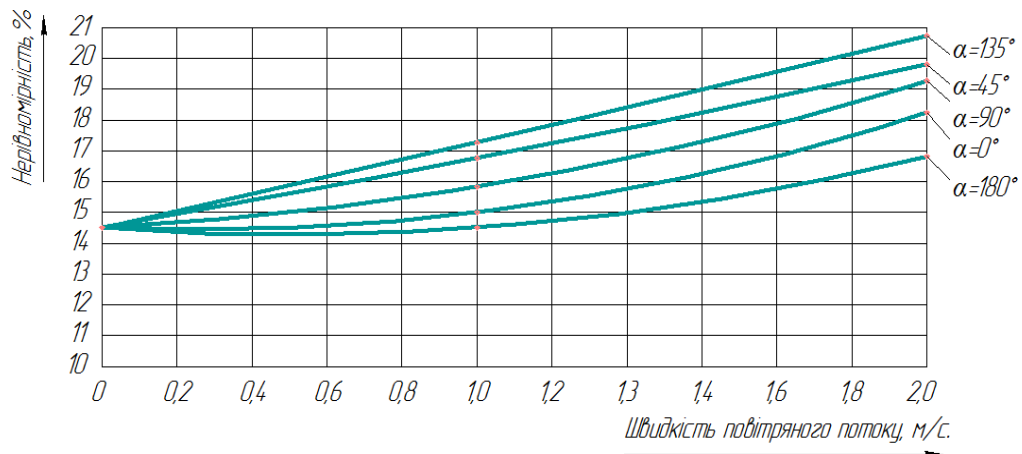


Рисунок 4.5 – Графік розподілу гранул туків для різних швидкостей повітряного потоку

Результати свідчать, що вплив повітряного потоку та зміна його параметрів, суттєво впливає на якість внесення гранул туків у негативну сторону, також має значення напрям під яким подається повітряний потік, імітуючи зміну поривів вітру. Відмічається мінімальний вплив повітряного потоку, за умови, що його напрям руху співпадає з напрямом руху розкидача добрив, найгірша ситуація спостерігається, для кутів 45° та 135° .

Також досліджено розподіл гранул туків по поверхні залежно від висоти встановлення розкидачів. Результати лабораторних досліджень відображені графічно (рис. 4.6, 4.7).

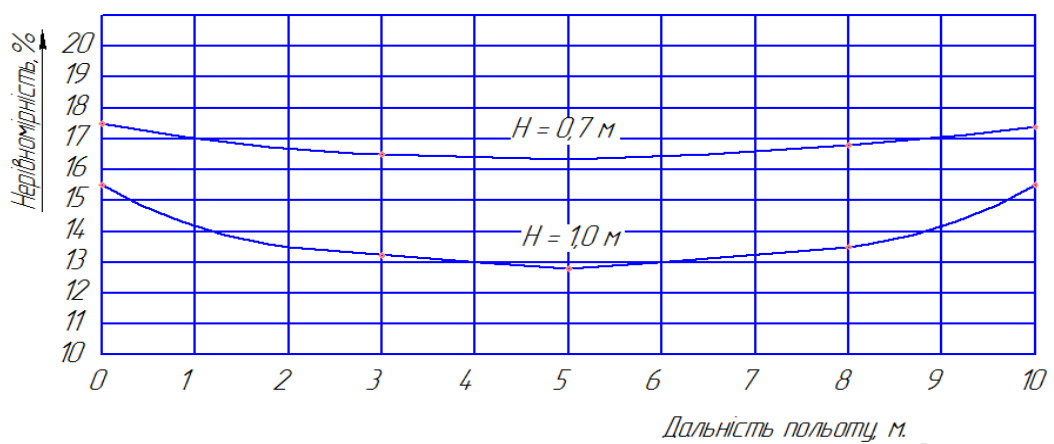


Рисунок 4.6 - Розліт гранул туків залежно від висоти встановлення розкидачів

В загальному, роботу запропонованого розкидача добрив можна вважати задовільною. Характерно, що збільшення рівня встановлення розкидача над

поверхнею ґрунту позитивно впливає на нерівномірність розподілу туків. Цей фактор обумовлений тією особливістю, що із збільшенням тривалості польоту гранул, час впливу повітряного потоку зростає, що позитивно відображається на розподілі гранул туків.

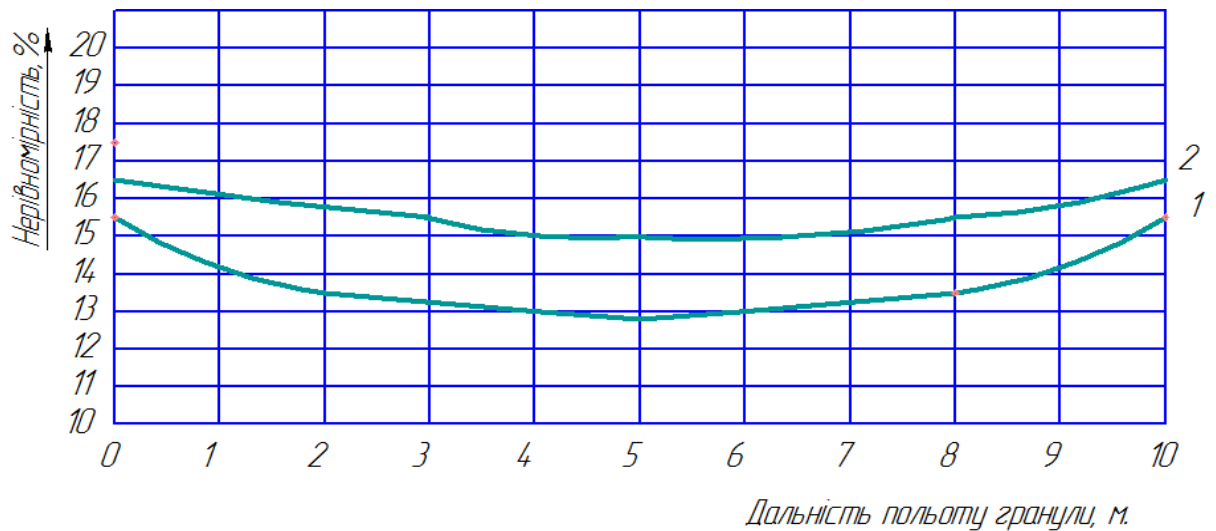


Рисунок 4.7 – Графіки порівняльного аналізу нерівномірності внесення гранул туків: 1 – дослідний зразок; 2 – серійний розкидач

Дослідний зразок встановлений на серійний розкидач добрив забезпечить покращення внесення добрив, за рахунок вищої рівномірності, на 15...20%, порівняно з базовою.

Висновки

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

Результати лабораторних досліджень свідчать, що при обертах розкидача 600 об/хв, максимальна ефективна траєкторія польоту гранул туків, за напрямком руху сягає до 16 м, збільшення обертів розкидного диска в 1,5 рази, не суттєво вплине на дальність траєкторії їх польоту, а максимальна дальність розсіювання сягне 18,2 м.

Згідно отриманих результатів, можна зробити висновок, що збільшення обертів розкидного диска з 600 об/хв до 800 об/хв, дозволить збільшити дальність траєкторії польоту гранул туків на 18,5%, а максимальна траєкторія польоту туків, зростає на 30%.

Зміна кута встановлення дисків з 20° до 30° сприяє зростанню ширини внесення добрив у 1,11 рази, що відповідає 11,4%.

Згідно отриманих результатів, зробимо висновок: оптимальним кутом встановлення розкидача до горизонту є 25–30°. Також слід зауважити, що нерівномірність внесення туків по ширині захвату становила до $\pm 20\%$, а за напрямком руху – $\pm 10\%$, дані показники забезпечують необхідні вимоги до внесення гранульованих добрив.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

1. Проведений аналіз способів внесення твердих мінеральних туків, а також розкидачів для забезпечення даної технологічної операції, свідчить про потребу в обґрунтуванні основних конструктивних та технологічних параметрів розкидальних пристроїв для внесення мінеральних добрив, з метою забезпечення їх якісного та рівномірного внесення.

2. До основних параметрів конструкції дискового розкидача, можна віднести, максимальний і мінімальний радіуси обертання розкидної планки та критичні швидкості руху туків вздовж неї.

3. Швидкість сходження буде залежати, від регулювань довжини розкидної планки та її кута встановлення, також від обертів дискових розкидачів та ділянки потрапляння гранул туків на площину сферичного диска.

Туки наберуть максимальної швидкості розкидання, коли дискові розкидні пластини встановлені радіально до вісі обертання з граничним видовженням, а мінімальної швидкості вони наберуть, коли розкидна планка відхилена на 90° , а її видовження рівне нулю.

2. Результати лабораторних досліджень свідчать, що при обертах розкидача 600 об/хв, максимальна ефективна траєкторія польоту гранул туків, за напрямком руху сягає до 16 м, збільшення обертів розкидного диска в 1,5 рази, не суттєво вплине на дальність траєкторії їх польоту, а максимальна дальність розсіювання сягне 18,2 м.

3. Згідно отриманих результатів, можна зробити висновок, що збільшення обертів розкидного диска з 600 об/хв до 800 об/хв, дозволить збільшити дальність траєкторії польоту гранул туків на 18,5%, а максимальна траєкторія польоту туків, зростає на 30%.

4. Згідно отриманих результатів, зробимо висновок: оптимальним кутом встановлення розкидача до горизонту є $25\text{--}30^\circ$. Також слід зауважити, що нерівномірність внесення туків по ширині захвату становила до $\pm 20\%$, а за напрямком руху – $\pm 10\%$, дані показники забезпечують необхідні вимоги до

внесення гранульованих добрив.

5. Вивчено дотримання заходів протипожежної безпеки та захисту цивільного населення.

6. Розглянуто роботу служби з охорони праці, фінансування заходів з охорони праці та витрачання коштів в господарстві. Також проаналізувавши умови праці та профілактики травматизму запропоновано заходи покращення стану охорони праці.

7. Господарству слід приділити більшу увагу заходам з охорони довкілля, зокрема використанню та зберіганню паливо-мастильних матеріалів та охороні та раціональному використанню ґрунтів і водних ресурсів.

8. Річний економічний ефект від використання модернізованого розкидача становитиме, 150,7 т.грн

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Гордійчук О.Ю., Безсмертний О.В., Андросович О.І. Організація та механізація захисту рослин / Біоенергетичні системи: Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції «Біоенергетичні системи». Том 2, 27-28 травня 2021 р. –Житомир: Поліський національний університет, 2021. – С. 121-122.
2. Безсмертний О.В., Гордійчук О.Ю., Андросович О.І. Застосування сучасних технологій внесення добрив та засобів захисту рослин / Матеріали XXII Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми землеробської механіки». 16–18 жовтня 2021 року. Київ. Ніжин. 2021. – С. 41.
3. Андросович О.І., Гордійчук О.Ю. Механізація застосування добрив та засобів захисту рослин / Студентські читання–2021: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 15 листопада 2021р. Житомир: Поліський національний університет, 2021. – С. 175-176.
4. Адамчук В.В. Сучасні тенденції розвитку сільськогосподарської техніки / В.В. Адамчук, Г.Л. Баранов, О.С. Барановський. – К.: Аграрна наука, 2004. – 396с.
5. Адамчук В.В. Механіко-технологічні і технічні основи підвищення ефективності внесення твердих мінеральних добрив та хіммеліорантів: автореф. дис. док. техн. наук / Національний аграрний університет. Київ, 2006. 40с.
6. 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.
7. Фіщенко Г.І., Фіщенко Ю.Г. Нова технологія внесення добрив. Київ: Знання, 1976. – 48с.
8. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. К.: «Агроосвіта», 2015. – 679с.

9. Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник. – Київ.: Кондор. – 2007. – 334с.
10. Ільченко В.Ю. та інші. Машиновикористання в землеробстві. – К.: Урожай, 1991. – 382с.
11. Білявський Г.О., Падун М. М., Фурдуй Р.С. Основи загальної екології, вид. 2-ге. – Київ : 1995. – 368 с.
12. Винокуров Л.Е.; Васильчик М.В.; Гаман М.В. Основи охорони праці. - Київ :
13. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – Київ: Урожай, 1994. – 272 с.
14. Ільченко В.Ю., Карасьов П.І. та ін. Експлуатація машинно-тракторного парку в агрегатному виробництві. – Київ: Урожай, 1993. – 286 с.
15. Лехман С.Д. та ін. Довідник з охорони праці в сільському господарстві (запитання і відповіді). – Київ: Урожай, 1990. – 400 с.
16. Операційна технологія виробництва зернових культур. Довідник. / Сайко В. Ф., Сокоренко Н.В. і ін.; під ред. В.Ф. Сайко. – Київ: Урожай, 1991. – 160 с.
17. Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. / Рибарук В.Я., Ріпка І.І. – Львів, ЛДАУ, 1998. – 264 с.
18. Стандарт підприємства: дипломні і курсові проекти (роботи), загальні вимоги до оформлення / Укл.: В.М. Боярчук, С.М. Онисько, В.Т. Дмитрів.- Львів: ЛДАУ, 2003. – 28 с.
24. Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в АПК.- Тернопіль: Підручник та посібник, 2001 - 247 с.
28. Лехман С.Д., Кубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 270 с.
29. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів : Українські технології, 2008. 312 с.
30. Лихочвор В.В. Петриченко В.Ф., Іващук П.В. Зерновиробництво. Львів:

НВФ «Українські технології», 2008. 624 с.

31 Лихочвор В.В. Петриченко В.Ф. Фізіологічна роль елементів живлення та системи удобрення польових культур. Підручник. 3-тє видання, перероблене. Львів: Растр-7, 2021. 288 с.

32 Лісовал А.П., Макаренко В.М., Кравченко С.М. Системи застосування добрив : підручник. Київ: Вища шк., 2002. 317 с.

33 Лісовал А.П. Методи агрохімічних досліджень. Київ: 2001. 246 с.

34 Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І., Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. - Київ "Урожай