

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**Обґрунтування параметрів робочого органу
машини для внесення органо-мінеральних добрив**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІ-1-23 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Шаповал Владислав Васильович

Керівник: _____ Пономаренко Наталія Олександрівна

Рецензент: _____

Дніпро – 2024

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

ініціали)

(прізвище,

« _____ » _____ 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Шаповал Владислав Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Обґрунтування параметрів робочого органу машини для внесення органо-мінеральних добрив

Керівник роботи Пономаренко Наталія Олександрівна, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« _____ » _____ 2024 року № _____

2. **Строк подання студентом роботи** 02.12.2024 р.

3. **Вихідні дані до роботи** Огляд стану питання в галузі машинобудування та існуючих засобів внесення добрив. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Сучасний стан механізації внесення твердих органо-мінеральних добрив. 2. Аналітичні дослідження. 3. Програма і методика експериментальних досліджень. 4. Результати та аналіз лабораторних і

польових досліджень. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Розрахунок економічної ефективності. Висновки. Бібліографічний список.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі досліджень. 2. Аналіз літературних джерел. 3,4. Теоретичні дослідження. 5. Програма експериментальних досліджень. 6. Результати експериментальних досліджень. 7. Результати польових досліджень. 9. Охорона праці. 10. Економічні показники. 11. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 30.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного Проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 30.07. 2024 р.	
2	Теоретичний	до 10.09.2024 р.	
3	Експериментальний	до 29.10.2024 р.	
4	Охорона праці	до 15.11.2024 р.	
5	Економічний	до 22.11.2024р.	
6	Демонстраційна частина	до 29.11.2024 р.	

Студент

(підпис)

Шаповал В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Пономаренко Н.О.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1. Сучасний стан механізації внесення твердих органо-мінеральних добрив..	10
1.1. Аналіз існуючих технологій, агрозаходів, процесів.....	10
1.2. Агротехнічні вимоги для виконання процесу.....	18
1.3. Фізичні, біологічні і механіко-технологічні властивості матеріалу.....	21
1.4. Літературний і патентний огляд джерел існуючих і запропонованих конструкцій для механізації внесення мінеральних добрив.....	23
Висновки до розділу.....	33
2. Аналітичні дослідження.....	35
2.1. Формування концепції робочого органа.....	35
2.2. Рух гранули після сходу з поверхні диска з урахуванням дії вітру.....	38
Висновки до розділу	49
3. Програма і методика експериментальних досліджень.....	52
3.1. Програма експериментальних досліджень.....	53
3.2. Характеристика вихідного матеріалу.....	54
3.3. Лабораторні дослідження.....	58
3.4. Польові випробування.....	63
Висновки по розділу.....	66
4. Результати та аналіз лабораторних і польових досліджень.....	68
4.1. Механіко-технологічні властивості використаних в експерименті добрив.....	68
4.2. Результати лабораторних в впливу конструктивних параметрів диску та повітряного потоку на якість розподілу добрив по поверхні.....	71
4.3. Результати польових випробувань.....	85
4.4. Порівняння результатів, отриманих аналітичним і дослідним шляхом..	91
Висновки по розділу.....	93
5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	90

5.1.Організація охорони праці в господарстві ТОВ «АФ «Колос».....	90
5.2.Аналіз виробничого травматизму.....	93
5.3. Заходи з поліпшення вимог охорони праці на ТОВ «АФ «Колос».....	93
Висновки.....	96
6.Розрахунок економічної ефективності	97
Загальні висновки.....	105
Бібліографічний список.....	107

АНОТАЦІЯ

Неплюй Р.В. Обґрунтування параметрів робочого органу машини для внесення органо-мінеральних добрив в технології вирощування пшениці озимої / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208«Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2018.

Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки, що містить 105 аркушів друкованого тексту та 10 слайдів ілюстративної частини.

Метою дослідження є підвищення рівномірності поверхневого внесення мінеральних добрив шляхом вдосконалення функціональної структури, оптимізації конструктивних параметрів і режимів роботи дискового апарату.

Предметом дослідження є закономірності процесу розподілу мінеральних добрив дисковим апаратом.

Об'єктами дослідження є технологічний процес внесення мінеральних добрив, дисковий апарат, властивості добрив.

Завдання дослідження.

1) Вивчити основні фізико-механічні властивості добрив, які впливають на дальність польоту і рівномірність їх розподілу по поверхні поля.

2) Дослідити процес і встановити якісні показники розсівання органо-мінеральних добрив відцентровим робочим органом.

3) Обґрунтувати раціональні параметри робочого органу розкидача органо-мінеральних добрив.

4) Встановити на основі порівняльних досліджень агротехнічні і техніко-економічні показники експериментального і серійного розсіюючих робочих органів розкидача мінеральних добрив.

5) Розробити рекомендації по застосуванню відцентрового розкидача на серійних машинах для внесення органо-мінеральних добрив.

6) Уточнити заходи по охороні праці при внесенні органо-мінеральних добрив.

7) Провести техніко-економічні обґрунтування доцільності практичного використання запропанованого пристрою.

ВСТУП

Раціональна переробка відходів різного походження на органічні та органо-мінеральні добрива (ОМД) сприятиме підвищенню продуктивності рослинництва й родючості ґрунтів, зниженню антропогенного навантаження на довкілля.

Раціональна переробка відходів різного походження на органічні та органо-мінеральні добрива (ОМД) сприятиме підвищенню продуктивності рослинництва й родючості ґрунтів, зниженню антропогенного навантаження на довкілля.

Залучення відходів господарської діяльності у біохімічний кругообіг сприяє, з одного боку, їхній утилізації, а з другого, - розширенню сировинної бази для виробництва нових добрив. На сьогодні створюються підприємства, які переробляють відходи різного походження, розробляються способи прискореного компостування та технології виробництва комплексних органо-і біомінеральних добрив. Багатьма дослідженнями, які проведені в різних країнах, встановлено, що ці добрива мають екологічні, агрохімічні та економічні переваги порівняно зі стандартними формами добрив. Різноманітність джерел відходів диктує потребу розробки гнучкого підходу до їхньої переробки. Простежуються дві тенденції. Перша: у великих містах створюються підприємства заводського типу, які оснащені сучасним обладнанням (біореактори, ферментери тощо). Друга: виникає необхідність переробки відходів на дрібних підприємствах невеликих міст та сільської місцевості, на яких даний технологічний процес відбувається за простими схемами.

Але, на жаль, на сьогодні комерційні підприємства у більшості випадків виготовляють органічні, органо-мінеральні добрива, ґрунтосуміші тощо, обходячись без наукового забезпечення й не контролюючи їхньої якості за чинною в Україні нормативно-методичною документацією в атестованих лабораторіях з відповідною галуззю акредитації.

В інституті розробляються технології виробництва добрив нового типу, в основу яких покладено концептуальну модель формування гумусових сполук у процесі біокондиціонування органічних відходів та концептуальні положення одержання комплексних органо-мінеральних добрив. Технологічний процес складається з кількох основних етапів:

- первинне кондиціонування та синхронізація вихідного органічного матеріалу;
- кероване аерокондиціонування органо-мінеральної пульпи;
- збагачення органічного компонента стартовою дозою комплексу поживних речовин.

На початковому етапі відбувається підготування органічного матеріалу, яке об'єднує такі процеси: вибір та дозування органічного матеріалу для оптимізації параметрів вихідної органічної суміші, подрібнення, синхронізація (зволоження й змішування) й первинне кондиціонування. Аерокондиціонуванням передбачається одержання стабільної маси, збагаченої фізіологічно активними речовинами (гумінові кислоти) та біогенними елементами (N, P, K, Ca, Mg тощо), значна частина яких зв'язана з гуміфікованою органічною речовиною в органо-мінеральному комплексі, що перешкоджає вимиванню й подальшій ретроградації поживних речовин у ґрунті після внесення добрив. Для оптимізації живлення рослин на початковому етапі їхнього росту й розвитку до одержаної кондиціонованої субстанції додається стартова доза поживних речовин, яка забезпечує повноцінне живлення рослин на перших етапах розвитку. Подальші етапи забезпечуються поживними елементами, які вивільняються в процесі мінералізації органічної складової органо-мінеральних добрив.

Технологія дає змогу розширити функціональні можливості мінеральних і органічних компонентів, меліорантів, мікробіологічних додатків та забезпечити енергетичну самодостатність процесів, підвищення якості й екологічної цінності добрив нового покоління. Добрива мають такий склад і вміст поживних речовин, у якому враховано особливості конкретної

культури й ґрунтово-кліматичні умови її вирощування. За відповідною методикою розроблено нормативи якості органо-мінеральних добрив (рецептура) та нормативи внесення їх під зернові, технічні, кормові й овочеві культури в різних ґрунтово-кліматичних умовах вирощування (Полісся, Степ, Лісостеп України).

Наукою та практикою доведено [5], що для досягнення максимальної ефективності добрив необхідно виконання наступних вимог до техніки їх внесення:

- рівномірне розташування добрив по площі поля;
- скорочення тривалості термінів від внесення добрив в ґрунт до початку використання їх рослинами;
- обмеження ступеню переміщення водорозчинних форм добрив з ґрунтом;
- оптимальна глибина загортання добрив у ґрунт;
- оптимальне просторове розміщення добрив відносно посівних рядків і кореневої системи рослин.

Нерівномірний розподіл добрив на поверхні поля зумовлює строкатість урожайності, різні строки дозрівання культур, вилягання, погіршення якості продукції. Розвиток машин для внесення добрив сприятливий, у першу чергу, в напрямку підвищення ефективності застосування добрив шляхом поліпшення якості їх розподілу по поверхні ґрунту. Понад 90 % сучасних машин для внесення добрив обладнують відцентровими розсіювальними робочими органами, які успішно вносять гранульовані органо-мінеральні добрива і хіммеліоранти. Машини для внесення мінеральних добрив повинні досить точно (рівномірно) їх вносити. На сьогодні деякі параметри внесення є занадто великі, так нерівномірність по ширині захвату у машин вітчизняного виробництва досягає 60-80 %, що призводить до зниження ефективності. Таким чином, обґрунтування конструкції та параметрів відцентрового робочого органу машини для внесення добрив є актуальною задачею [1–5].

1. СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

1.1. Аналіз існуючих технологій, агрозаходів, процесів

На сучасному етапі і у найближче десятиріччя основну масу органо-мінеральних добрив та хімміліорантів вноситимуть шляхом їх розсівання по поверхні поля як при основному удобренні ґрунту, так і при підживленні сільськогосподарських культур. У виробництві паралельно будуть застосовувати як прямоточну, так і перевантажувальну технологічні схеми. Спеціалізовані машини для доставки добрив від їх сховища до поля використовуватимуться в умовах великих обсягів робіт і при груповому методі роботи польових агрегатів. Внесення гранульованих видів добрив малотоннажними машинами начіпного типу буде здійснюватись виключно за перевантажувальною технологічною схемою.

Основними мобільними енергетичними засобами для формування удобрювальних агрегатів будуть трактори. В умовах господарств з великими обсягами землекористування також застосовуватимуться удобрювальні агрегати, сформовані на базі автомобілів. Парк технічних засобів для внесення МДХ буде формуватись з машин начіпного і напівпричіпного типів, які включатимуть технологічну місткість, живильник, робочі органи (РО) і відповідні пристрої. В малотоннажних машинах начіпного типу знайдуть застосування живильники гравітаційного типу, решту машин будуть обладнати живильниками переважно прутково-пластинчастого типу.

Для комплексного удобрення ґрунту застосовуватимуться машини для одночасного внесення азотних, фосфорних і калійних видів добрив диференційованими дозами без попереднього їх змішування за один прохід агрегату.

У машинах для внесення добрив найбільш широке застосування мають РО відцентрового типу. Машини із зазначеними РО складають до 96 % парку

технічних засобів для внесення МДХ у провідних країнах світу. Ця тенденція матиме місце і в найближче десятиріччя. Застосування матимуть РО відцентрового типу, в яких зовнішні кінці лопаток виходять за межі дисків. При цьому лопатки на дисках устанавлюються з можливістю регульованого повороту відносного радіуса РО для забезпечення регулювання напрямку розсівання добрив. З метою збільшення робочої ширини захвату знайдуть застосування конусні РО та інші варіанти форм їх конструкційного виконання, в яких лопатки устанавлені під кутом до горизонтальної площини. На машинах для внесення МДХ будуть застосовуватись пристрої для регулювання зони живлення РО, корегуючі пристрої для виключення впливу відбивання добрив кромками та верхніми поверхнями лопаток на якість їх внесення, а також відбивні щитки спеціальної форми.

Існуючі машини вітчизняного виробництва не задовольняють агрономічні вимоги за показниками нерівномірності внесення МДХ, а робоча ширина їх захвату менша, ніж у машин зарубіжного виробництва. На сучасному етапі відсутні теоретичні залежності, які б адекватно описували: роботу агрегатів за прямоточною і перевантажувальною технологічними схемами; процес подачі добрив нижньою ланкою живильника-конвеєра; рух добрив від живильника до тукоспрямовувача та їх рух вздовж останнього; умови захвату добрив РО, їх розгін останнім з урахуванням його параметрів і режимів роботи; а також рух добрив від РО до поверхні поля в умовах дії на них вітру і супроводжуючого повітряного струменя.

Відомі моделі внесення МДХ на поверхню поля не узгоджуються з реальним процесом і протирічать стандартній методиці визначення нерівномірності їх внесення на робочій ширині захвату машин.

При формуванні робочих гіпотез, завдань досліджень та проведенні безпосередньо досліджень взяті до уваги наукові праці з питань: дослідження технологічних параметрів машин - Є.В.Козловського, С.І. Назарова, В.І. Якубаускаса, Л.Ф. Кормакова, Ю.Г. Вожика та ін.; дослідження живильників -

С.І. Назарова та В.В. Краснікова; дослідження РО відцентрового типу - П.М. Василенка, І.І. Піуновського, М.С. Хоменка, Є.В. Козловського, Б.А.Кушілкіна, М.Г.Догановського, М.Л.Круглякова, С.І.Назарова,Ю.І. Якімова, В.П. Михайленка, В.О. Черновола, С.А. Тильного, А.А. Докучаєва, М.А. Кійслера та ін.; дослідження дальності розсівання добрив – В.А. Волкова, І.І. Піуновського, А.А. Кукібного, П.М. Василенка, Ю.Г. Вожика, В.І. Смаглія та ін.; моделювання внесення мінеральних добрив - І.В. Моріна, В.І. Якубаускаса, С.А. Тильного, С.Д. Полонецького та ін.; створення технічних засобів для внесення мінеральних добрив - І.В. Довгошия, О.П. Мілованова, О.А. Гординського, А.І. Радченка, В.К. Мойсеєнка, В.М. Соколова, Л.Я. Степука, М.З. Зелінського, Л.А. Щемелінського, В.О. Шмоніна, Ю.В. Іванова та ін.

Технологічна схема внесення мінеральних добрив та хіммеліорантів регламентує їх доставку від сховища до поля стосовно агрегатів, які здійснюють операцію внесення.

В залежності від номенклатури наявних в господарстві технічних засобів, їх кількості, обсягів виконуваних робіт по внесенню добрив, строків їх виконання, відстані від сховища до поля, дози внесення і кадрового забезпечення використовують наступні технологічні схеми внесення добрив: прямоточну, перевантажувальну та перевалочну.

Найбільш простою є прямоточна технологічна схема, при якій добрива, підготовлені до внесення, в умовах сховища завантажують в машини для їх внесення, доставляють добрива в поле і вносять по поверхні ґрунту.

Особливістю перевантажувальної технологічної схеми внесення добрив у порівнянні з прямоточною є те, що добрива доставляють від сховища до поля і перевантажують в польові машини спеціальні технічні засоби, які називають завантажувачами.

Перевалочна технологічна схема внесення добрив передбачає доставку добрив від сховища до спеціально підготовленого в полі майданчика

транспортними засобами загального призначення. З майданчика добрива завантажують в польові машини, які вносять їх по поверхні ґрунту.

Реалізація прямоочної схеми внесення добрив у порівнянні з іншими схемами здійснюється мінімальною кількістю технічних засобів при спрощеній організації виконання робіт. В зв'язку з цим 80% добрив для основного удобрення ґрунту і підживлення зернових культур вносять за прямоочною технологічною схемою.

Застосування перевантажувальної технологічної схеми внесення добрив дозволяє різко підвищити змінну продуктивність польових машин. Але для її реалізації польові машини повинні працювати за груповим методом. Необхідно зазначити, що в умовах застосування окремого агрегату, сформованого на базі машини з вантажомісткістю до 1000 кг, виникає протиріччя в зв'язку з тим, що не раціонально використовувати:

- прямоочну технологічну схему в зв'язку з різким збільшення часу на доставку добрив від сховища до поля;

- перевантажувальну технологічну схему в зв'язку з неефективним використанням завантажувача.

Назване призводить до того, що в умовах сільськогосподарського виробництва технологічні місткості таких машин завантажують вручну з платформи тракторного причепа.

Перевалочну технологічну схему застосовують при внесенні хіммеліорантів тільки в критичних випадках, коли не можливе застосування перших двох схем. Це обмеження викликано тим, що зберігання незатарених добрив та хіммеліорантів в умовах поля може призвести до погіршення їх фізико-механічних властивостей. Збільшення промисловістю поставок добрив в герметичних еластичних мішках або контейнерах дозволить використовувати переваги цієї технологічної схеми, які полягають в зменшенні пікових навантажень на операції транспортування.

На сучасному етапі світовими лідерами по створенню і виробництву машин для внесення мінеральних добрив є фірми ФРН, Франції, США та Великобританії. В кожній з цих країн випускаються десятки марок машин, що дає можливість кожному із споживачів підібрати оптимальний варіант машини, виходячи з площі його орних земель, обсягів застосування мінеральних добрив та хіммеліорантів, виробничої спеціалізації і навіть з врахуванням суб'єктивних інтересів.

В залежності від виду мобільних енергетичних засобів, з якими агрегатуються машини для внесення мінеральних добрив, їх розподіляють на такі: тракторні, автомобільні, самохідні, мотоциклетні, авіаційні та кінні.

Машини для розсівання (внесення) мінеральних добрив та хіммеліорантів включають в основному такі складові: технологічну місткість (рис.1.1), в нижній частині якої на рівні її днища встановлено живильник, під яким закріплено тукоспрямувач і РО.

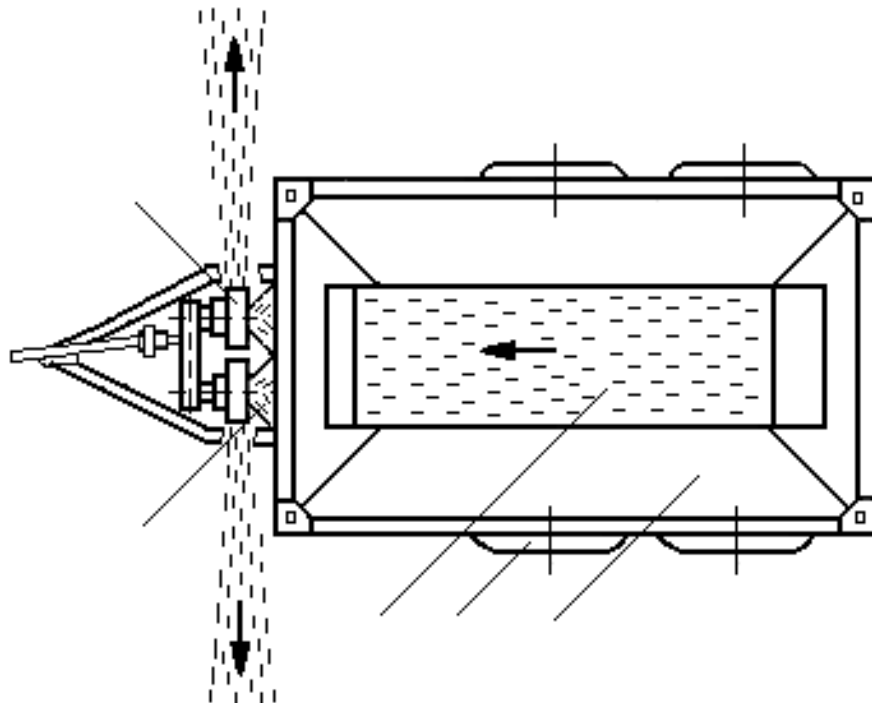


Рис.1.1. - Технологічна схема машини для внесення мінеральних добрив СТТ-10:

1- технологічна місткість; 2- ходова система; 3- живильник стрічкового типу; 4- тукоспрямувач; 5- РО роторного типу

Робочий процес таких машин відбувається наступним чином. Добрива з технологічної місткості подаються живильником на тукоспрямовувач, яким вони направляються на РО. Досягши поверхні РО, добрива розганяються ним до певної швидкості. Після розгону добрив РО кидальним способом направляє їх в напрямі робочої ширини захвату. За рахунок одержаної швидкості частинки добрив шляхом вільного польоту від РО до поверхні поля розсіваються на відстані 15-30 м, що у десятки разів перевищує габаритну ширину машин. При цьому робоча ширина внесення добрива сягає 8-20 м.

Для роботи в умовах вітру вітчизняні машини РУМ-3 та І-РМГ-4 на замовлення господарств комплектувалися вітрозахисними пристроями.

Багатьма дослідниками проведені роботи по обґрунтуванню доцільності постійного використання вітрозахисних пристроїв з метою покращення якості внесення добрив. Однак таке конструкційне рішення значно обмежує робочу ширину захвату машин, ускладнює їх експлуатацію, особливо при прямокутній технологічній схемі внесення добрив та призводить до зменшення балансу часу основної роботи. В зв'язку з цим вітрозахисні пристрої не знаходять застосування на сучасних машинах, а нормативними документами передбачена оцінка якості внесення добрив тільки в умовах, коли швидкість вітру не перевищує 2 м/с.

Розсівальні органи (РО) в процесі роботи захоплюють частинки добрив, розганяють їх до певної швидкості, а потім кидальним способом направляють вздовж робочої ширини захвату машини. В залежності від розмірів технологічної місткості, типу і параметрів живильника машина може обладнуватись одним або двома РО.

В якості РО розробники машин для внесення добрив використовують лопатевий ротор, еластичну циліндричну чашу з роликком, стрічковий конвеєр, вентилятор, диск з лопатками, коливальний патрубков та систему барабанів. Кожен з вказаних РО використовувався виробниками машин для внесення добрив. Однак у зв'язку з виявленими недоліками одних і перевагами інших в сучасних машинах знаходять застосування тільки три останні з

наведеного переліку. РО, виконаний у вигляді диска з лопатками, прийнято називати відцентровим, а виконаний у вигляді коливального патрубка - маятниковим.

В машинах провідних фірм передбачається індивідуальне регулювання частоти обертання кожного РО, що дозволяє при необхідності отримувати несиметричний характер внесення добрив на краях поля. Спроби створити РО з складною траєкторією руху диска або лопатки з метою покращення якості внесення добрив не дали бажаного результату, а тільки призвели до суттєвого ускладнення конструкції.

Відносно діаметра РО можна сказати, що він в сучасних машинах варіює від 200 до 1000 мм. При виборі цього параметра необхідно враховувати, що його зростання призводить не тільки до збільшення матеріаломісткості машини, а й до зростання його моменту інерції, котрий обумовлює великі динамічні навантаження на деталі механізму привода. В переважній більшості машин РО мають діаметр в межах 500-800 мм і виготовляються з нержавіючої сталі товщиною 1,5-2 мм.

Ширина захвату машин залежить також від форми диска РО, яка обумовлює напрямок вектора абсолютної швидкості частинок добрив до горизонту, що сходять з РО.

В Українському науково-дослідному інституті механізації та електрифікації сільського господарства було розроблено РО, в якому диск мав форму конуса, спрямованого вершиною вниз (рис. 1). При роботі такого РО абсолютна швидкість частинок добрив, які сходять з його поверхні, спрямована під кутом уверх до горизонту. Це дало можливість підвищити робочу ширину захвату без збільшення діаметра і частоти обертання РО. Однак слід зауважити: кут нахилу твірної конуса до його основи складав лише 3° , що не забезпечувало повної реалізації потенційних можливостей такого РО. Аналогічний РО, але із збільшеним кутом нахилу твірної конуса, німецька фірма "Amazonen-Werke" розробила лише через 13 років.

У вітчизняних машинах МВУ-5 і МВУ-8 застосовували РО, твірна конусної поверхні яких була розташована під кутом 10^0 до горизонту.

Однак ці рішення не забезпечили суттєвого ефекту у порівнянні з конусним диском і тому вони не мають практичного застосування.

В залежності від виду мобільних енергетичних засобів, з якими агрегатуються машини для внесення мінеральних добрив, їх розподіляють на такі: тракторні, автомобільні, самохідні, мотоциклетні, авіаційні та кінні. Ширина захвату машин залежить також від форми диска РО, яка обумовлює напрямок вектора абсолютної швидкості частинок добрив до горизонту, що сходять з РО.

1.2. Агротехнічні вимоги для виконання процесу

Вимоги до якості внесення МД.

1. Якість внесення добрив характеризується наступними показниками: відповідність фактичної дози добрив від заданої; рівномірність розсіювання добрив по поверхні ґрунту.

2. При внесенні тукосумішей для оцінки якості розташування їх по поверхні ґрунту на ряду з перерахованими показниками, використовують додатковий показник, який характеризує зміни співвідношення поживних речовин $N:P_2O_5$, $N:K_2O$ та $P_2O_5:K_2O$ на дослідних площах розміром $0,5 \times 0,5$ м.

3. У відповідності до агротехнічних вимог фактична середня доза добрив повинна відрізнятися від заданої не більше ніж на $\pm 10\%$.

4. Показник нерівномірності внесення добрив (який оцінюється коефіцієнтом варіації) в виробничих умовах при оцінці якості внесення мінеральних добрив авіаційною технікою та машинами з відцентровими розсіювальними апаратами не повинні перевищувати 25% і 15% для тукових сівалок, а при розсіюванні хімічних меліорантів пневморозкидачами типу АРУП-8 він не повинен бути більш 30%. Не допускаються розриви між суміжними проходами машин і необроблені ділянки поля. Перекриття в стикових проходах повинно складати 5% від ширини захвату агрегату.

Поворотні полоси засівають добривами з тією ж нормою висіву, що і основне поле.

Дуже важливо визначити оптимальну дозу добрив, яка забезпечить отримання запланованого врожаю. Чим вище планується врожай, тим більша передбачається доза добрив. При цьому слід враховувати, що відсутня пряма пропорційність між збільшенням дози добрив та підвищенням врожаю. Ми можемо спостерігати графічну залежність підвищення врожайності від внесеної діючої речовини на 1 га.

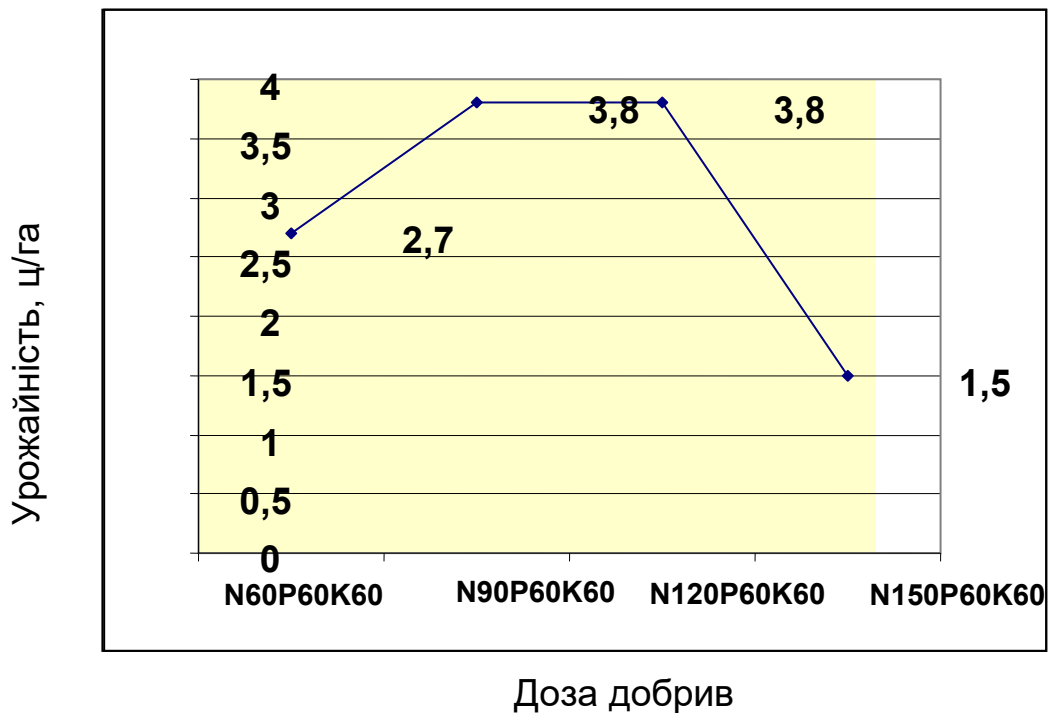


Рис1.2.- Приріст урожаю від дози внесення азотних добрив.

Правильне та ефективне використання добрив сприяє не тільки отриманню високого врожаю, а і покращення його якості, що призводить до збільшення виробництва сільськогосподарської продукції.

Традиційна технологія внесення добрив не повністю відповідає цим вимогам. Вона складається з двох самостійних операцій: розкидання добрив по поверхні поля та загортання їх у ґрунт. Перша операція виконується головним чином з допомогою відцентрових розкидачів, яким властива висока

продуктивність, дешевизна у виготовленні і експлуатації, обладнаних об'ємними кузовами, зручними для механізованого завантаження.

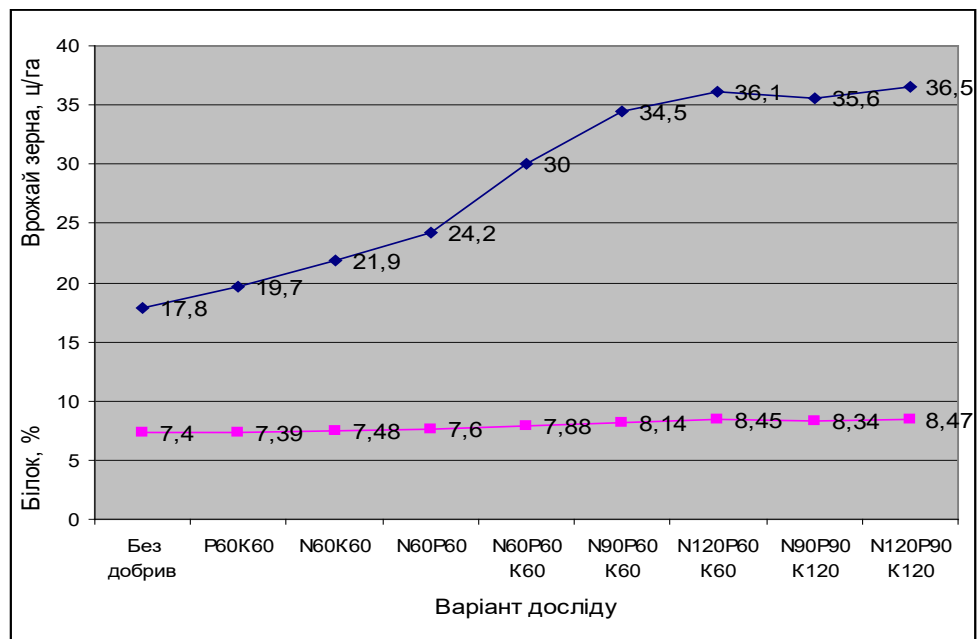


Рис. 1.3 Вплив мінеральних добрив на врожай зерна озимого жита та вміст у ньому білку.

Відцентрові апарати характеризуються значною сепарацією однобічних добрив на фракції, а змішаних – на компоненти. Широкому розповсюдженню розкидних машин сприяє простота конструкції, мала питома металоємність, висока їх продуктивність та надійність технологічного процесу. Нерівномірність досягає 60-80%, що приводить до зниження ефективності азотних добрив на 45-50%, фосфорних на 15%, калійних та складних на 36-40%. Значна нерівномірність розподілу мінеральних добрив за шириною захвату розкидачів відцентрового типу пояснюється балістичними властивостями часток добрив, а тому з підвищенням агротехнічних вимог застосування обмежується. Все це зумовило спроби удосконалити відцентрові апарати застосуванням конічних дисків; лопаток з різною довжиною і змінного перерізу загостреної форми; встановленням дисків у кілька ярусів, з

перекритим нахилом до горизонту і на значній висоті над землею; створення вітрозахисних пристроїв спеціального профілю тощо.

Основними вимогами по внесенню мінеральних добрив є:

- нерівномірність внесення робочої суміші 10% по ходу руху агрегату та 20% по ширині захвату.
- середня доза добрив повинна відрізнятись від заданої не більше ніж на $\pm 10\%$.

1.3. Фізичні, біологічні і механіко-технологічні властивості матеріалу.

Всі фізико-механічні властивості добрив змінюються в широких межах і в більшості випадків взаємозв'язані між собою. Зі всіх фізико-механічних властивостей добрив, що впливають на процес їх розподілу по поверхні поля, необхідно виділити: гранулометричний склад, коефіцієнт тертя, коефіцієнт парусності. У зв'язку з тим, що фізико-механічні властивості добрив найрізкіше змінюються залежно від вмісту в них вологи, що робить значний вплив на роботу машин для внесення добрив, всі мінеральні добрива повинні мати певне значення стандартної (заводської) вологості. Особливе значення має показник вологості добрив безпосередньо перед їх внесенням.

Гранулометричний склад добрив необхідно знати не лише для того, щоб перевірити відповідність їх технічним вимогам, але і для того, щоб враховувати кількість часток різних фракцій, оскільки вони володіють різними фізико-механічними властивостями, які впливають на дальність польоту часток і рівномірність розподілу їх по поверхні поля.

При роботі машини для внесення мінеральних добрив з відцентровими робочими органами велике значення на швидкість частки добрив відносно лопаті має коефіцієнт тертя. При русі часток добрив уздовж лопаті вони ковзають відносно неї і перекочуються по ній. Тому необхідно визначити динамічний коефіцієнт тертя. Причому, визначати показники динамічного

коефіцієнта тертя для всіх фракцій добрив після аналізу їх гранулометричного складу.

При русі часток добрив в повітряному середовищі на дальність їх польоту впливає коефіцієнт парусності добрив. Якщо добрива мають декілька фракцій, то необхідно визначити коефіцієнт парусності для всіх фракцій добрив, оскільки вони при однаковій швидкості сходу з диска розподіляються по полю на різних відстанях від нього.

Гранулометричний склад твердих мінеральних добрив визначається по ОСТУ 70.7.1 74 «Машини для внесення мінеральних добрив, вапняних матеріалів і гіпсу. Програма і методи випробувань за допомогою механічного аналізу. У різних місцях купи добрив відбирається три проби вагою по 250...300 г кожна. Порція добрив поміщається в систему розташованих один над одним сит, розмір отворів яких зменшується від верхніх сит до нижнім. Застосовуються сита, отвори в яких мають наступні розміри: 1 мм, 2 мм, 3 мм, 4 мм і 5 мм. Сита піддаються струшуванню протягом двох хвилин з інтенсивністю гойдання в хвилину. Залишки добрив на ситах і що пройшли через сито з розміром вічок 1 мм зважуються окремо на вагах з точністю 0,1 гр.

Вологість добрив визначається по ОСТУ 70.2.15 73 «Випробування сільськогосподарської техніки. Методи визначення умов випробувань».

При внесенні добрив відцентровими дисками або іншими металевими робочими органами дальність їх польоту і якість розсівання значною мірою залежать від коефіцієнта парусності їх часток.

У складі сечовини і нітроамофоски найбільша частина гранул (відповідно 78% і 66%) мають розмір 2,1...3 мм, і часток менше 1 мм і більше 4 мм в

сечовини менше 2%, в нітроамофоски менше 4%. З досліджуваних мінеральних добрив найбільш рівною по розмірах часток є сечовина, а суперфосфат має найбільш широкий діапазон розмірів часток.

1.4. Літературний і патентний огляд джерел існуючих і запропонованих конструкцій для механізації внесення мінеральних добрив

Аналіз літературних джерел

Відцентрові РО були створені понад 70 років тому. Їх конструкція включає диск, який установлений на вертикальному валу, на верхній поверхні якого закріплені лопатки, а сам диск приводиться в обертальний рух з частотою 10-20 с⁻¹.

Робочий процес таких РО полягає в тому, що добрива спрямовуються на певну ділянку верхньої площини диска, де захоплюються лопатками і втягуються в обертальний рух. Під дією відцентрової сили частинки добрив рухаються з прискоренням вздовж лопаток від центра РО до його периферії. В момент злітання з РО вони мають абсолютну швидкість, яка дорівнює сумі векторів переносної і відносної швидкостей. Частинки добрив розсіваються по полю шляхом вільного польоту на ширині захвату машини.

В машинах провідних фірм передбачається індивідуальне регулювання частоти обертання кожного РО, що дозволяє при необхідності отримувати несиметричний характер внесення добрив на краях поля. Спроби створити РО з складною траєкторією руху диска або лопатки з метою покращення якості внесення добрив не дали бажаного результату, а тільки призвели до суттєвого ускладнення конструкції.

Відносно діаметра РО можна сказати, що він в сучасних машинах варіює від 200 до 1000 мм. При виборі цього параметра необхідно враховувати, що його зростання призводить не тільки до збільшення матеріаломісткості

машини, а й до зростання його моменту інерції, котрий обумовлює великі динамічні навантаження на деталі механізму привода. В переважній більшості машин РО мають діаметр в межах 500-800 мм і виготовляються з нержавіючої сталі товщиною 1,5-2 мм.

Ширина захвату машин залежить також від форми диска РО, яка обумовлює напрямок вектора абсолютної швидкості частинок добрив до горизонту, що сходять з РО.

В Українському науково-дослідному інституті механізації та електрифікації сільського господарства було розроблено РО, в якому диск мав форму конуса, спрямованого вершиною вниз. При роботі такого РО абсолютна швидкість частинок добрив, які сходять з його поверхні, спрямована під кутом уверх до горизонту. Це дало можливість підвищити робочу ширину захвату без збільшення діаметра і частоти обертання РО. Однак слід зауважити: кут нахилу твірної конуса до його основи складав лише 3° , що не забезпечувало повної реалізації потенційних можливостей такого РО. Аналогічний РО, але із збільшеним кутом нахилу твірної конуса, німецька фірма “Amazonen-Werke” розробила лише через 13 років.

У вітчизняних машинах МВУ-5 і МВУ-8 застосовували РО, твірна конусної поверхні яких була розташована під кутом 10° до горизонту.

Конусні диски складніші у виготовленні у порівнянні з плоскими. В зв'язку з цим була зроблена спроба створити диск плоским з локальним нахилом його поверхні до горизонту під кутом до 20° . Крім того, було розроблено плоский диск з конусною обичайкою (рис. 1.4). Однак ці рішення не забезпечили суттєвого ефекту у порівнянні з конусним диском і тому вони не мають практичного застосування.

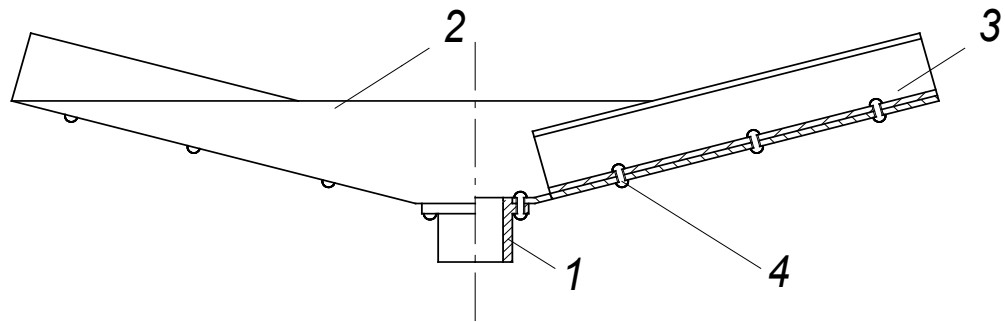


Рис.1.4. Схема відцентрового РО з диском конічної форми:

1- маточина; 2- конусний диск; 3- лопатка; 4- заклепка

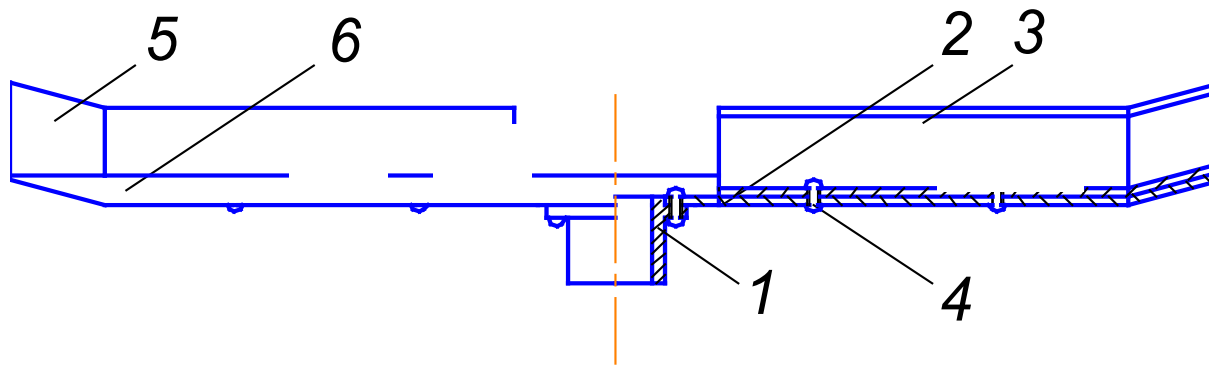


Рис.1.5. Схема відцентрового РО з плоским диском, який обладнаний конусною обичайкою:

1- маточина; 2- подовжувач лопатки; 3- конусна обичайка; 4- плоский диск; 5- лопатка; 6- заклепка

Цікавим є напрямок створення РО на базі плоских дисків, осі валів яких установлюються під кутом до горизонту. Однак відсутня інформація про якісні показники внесення добрив такими РО. Крім того, таку схему установки РО можна застосовувати тільки на машинах, які обладнують двома РО. Їх не можна застосовувати на машинах з одним РО.

На показники роботи машин в значній мірі впливають лопатки, які

закріплюють на поверхні диска. Лопатки використовують прямокутної або жолобчастої форм, останні на 6-10 % менше руйнують гранули добрив. Вони можуть мати як прямолінійну форму, так і криволінійну.

Криволінійна форма лопаток більш складна, особливо це проявляється при застосуванні конусних дисків. Спроби оптимізувати параметри криволінійних лопаток виявились безуспішними в зв'язку з тим, що значення показників фізико-механічних властивостей різних видів мінеральних добрив і хіммеліорантів мають значні розбіжності. В РО, що мають постійний радіус подачі добрив, інколи тільки забірні частини лопаток виконують криволінійними. Таким чином виключається лобовий удар гранул по поверхні лопатки і це в деякій мірі зменшує ступінь руйнування гранул добрив.

В сучасних машинах провідних фірм застосовуються лише прямолінійні лопатки. Їх кількість на одному диску знаходиться в межах 2-6 штук.

Японськими розробниками машин був створений РО, в якому лопатки з метою зменшення руйнування гранул були виготовлені з гуми, а у польських машин для внесення добрив моделі "Titan" металеві лопатки покривали гумою. В зв'язку з інтенсивним зношуванням гуми такі РО мали дуже обмежений строк використання.

Одним з суттєвих недоліків лопаток в процесі роботи РО є налипання на них добрив. Спроби усунути цей недолік шляхом виготовлення лопаток з еластичного матеріалу, у вигляді безкінечної стрічки, що установлена на роликах з приводом або з пневмоочисткою, не дали бажаного результату, а тільки призвели до ускладнення конструкції. Тому в РО сучасних машин застосовують лопатки, що виготовлені з нержавіючої сталі. Поверхня таких лопаток не кородує та має низьку шорсткість і завдяки цьому зменшується налипання добрив на неї.

З метою покращення якості внесення добрив створені РО, в яких:

- зовнішні кінці лопаток виступають за межі диска, при цьому зазначені кінці суміжних лопаток установлені на різній відстані від центра РО;

- як внутрішні кінці суміжних лопаток, так і їх зовнішні кінці мають різну відстань до центра РО;
- регулюється довжина лопаток;
- регулюється висота лопаток;
- регулюється положення лопаток відносно радіуса РО;
- лопатки мають різну висоту, розташовані під різними кутами до радіуса РО, при цьому лопатки орієнтовані за напрямом обертання РО в порядку зменшення їх розміру та кута відхилення від радіуса;
- верхні кромки лопаток виконуються загостреними або зубчастими для зменшення відбивання ними добрив із потоку, що поступає з тукоспрямовувача на РО.

Однак практичне застосування в машинах провідних фірм знаходять РО, в яких регулюється довжина лопаток і їх положення відносно радіуса РО. Зовнішні кінці суміжних лопаток розташовують на різній відстані від центра РО. При цьому напрям розсівання добрив регулюють як зміною довжини лопаток, їх положення відносно радіуса РО, так і зміною зони подачі добрив на РО.

Крім того, в цих машинах на лопатках застосовується направляючий козирок, який шарнірно з можливістю регулювання кута установки до горизонту кріпиться на зовнішніх кінцях лопаток. В процесі роботи РО добрива, що сходять з лопаток, попадають на направляючий козирок, який практично є продовженням лопатки, ударяються по його поверхні, завдяки чому збільшується кут між вектором абсолютної швидкості сходження частинок добрив з РО і горизонтальною площиною.

Направляючий козирок може мати форму виконання у вигляді подовжувача днища лопатки або трампліна, який має антифрикційне покриття.

Однак ефект від застосування направляючого козирка невеликий в зв'язку з тим, що при ударі по поверхні направляючого козирка відбувається зменшення відносної швидкості частинок добрив.

Аналогічна конструкція була розроблена і в нашій країні, але без регулювання положення направляючого козирка, а з використанням конусної обичайки. По названій причині вона також не знайшла широкого застосування у вітчизняних машинах.

Відомі технічні рішення, в яких з метою покращення показників роботи РО виконані у вигляді кількох дисків з лопатками, що установлені:

- ярусно на спільній осі обертання і мають однакову частоту обертання;
- ярусно, мають індивідуальні осі обертання і попарно перекривають один одного в напрямку, перпендикулярному до руху агрегату;
- зі зміщенням у напрямі руху агрегату.

Однак наведені технічні рішення призводять до ускладнення конструкції машин при сумнівній ефективності покращення показників якості їх роботи.

Суттєвим недоліком всіх відомих відцентрових РО, як і всіх РО кидального типу, є сепарація гранул добрив за розмірами в процесі їх внесення. Тобто, гранули більшого розміру розсіваються на більшу відстань від машини, а гранули меншого розміру - на меншу.

В зв'язку з руйнуванням гранул добрив при їх внесенні відцентрові РО мають певні обмеження щодо радіуса подачі добрив та кінематичного режиму роботи. Отже, існує обмеження покращення показників роботи машин шляхом підвищення частоти обертання РО. Тому багатьма розробниками технічних засобів була зроблена спроба покращити зазначені показники шляхом подачі в потік добрив, що сходять з РО, супроводжуючого повітряного струменя.

Така різноманітність відцентрових РО отримала назву пневмовідцентрових.

Однак відомим машинам для внесення мінеральних добрив характерні недоліки. До них можна віднести:

- конусоподібна форма бункерів відомих моделей машин начіпного типу, що обладнані одним РО, обмежує їх вантажомісткість;

- горизонтальний варіант установки кузовів машин напівпричіпного типу відносно ходової системи призводить до зниження висоти установки відцентрових РО над поверхнею землі, в результаті чого має місце пошкодження стебел рослин при їх підживленні РО;

- відсутні ефективні конструкційно-технологічні схеми машин з прутково-пластинчастим живильником для одночасного внесення кількох видів добрив без їх попереднього змішування;

- негативно на якість внесення добрив впливає просипання добрив в прутково-пластинчастих живильниках через бокові вирізи днища кузова перед зірочками ведучого вала;

- відомі конструкції корегуючих щитків тукоспрямовувачів ненадійні в роботі;

- відсутні відцентрові РО, в яких одночасно можна було б поєднати переваги РО, обладнаних конусним диском, і РО, положення лопаток яких

регулюється відносно радіуса останнього;

- відсутні відцентрові РО, в яких поєднуються переваги останніх і ефективного використання супроводжуючого повітряного струменя.

Відомі моделі внесення добрив по поверхні поля не узгоджуються з реальним процесом внесення добрив.

Базуючись на викладеному, мету даної роботи можна сформулювати так: поліпшення якості внесення мінеральних добрив та хіммеліорантів і підвищення продуктивності машин.

Аналіз патентних джерел

А.с. SU 1625388 А1 Відцентровий робочий орган для розсіювання сипучих матеріалів

Метою винаходу є збільшення дальності та рівномірності розсіювання сипучих матеріалів. На(Рис1.7а) зображено робочий орган для розсіювання сипучих матеріалів, на б– вид А на а-робочий орган містить корпус 1 з підшипниками 2, у якому встановлений приводний вал 3 із ступицею 4 і шківом 5. До ступиці 4 з допомогою пальців 6, вісь симетрії яких розташована паралельно осі валу 3, шарнірно закріплені сегменти 7, кожний із яких має жорстко закріплені до нього лопаткою 8 та жорстким пальцем 9, утворюючи сегментний диск 10. Крім того, до ступиці 4 прикріплені спіральні пружини 11, які спираються своїми вільними кінцями у сегменти 7. До корпусу 1 прикріплений відбивач 12, протилежний кінець якого розташований в зоні руху пальців 9. При цьому відбивач 12 має механізм 13 установки його положення відносно пальців 9 сегментного диску 10.

Пристрій працює наступним чином.

При включенні приводу робочого органу шків 5 передає обертальний рух валу 3 із ступицею 4 з сегментним диском 10. Мінеральні добрива направляються на сегмент 7, який в цей момент сповільнив свій рух внаслідок дотику пальця 9 та відбивача 12, при цьому сегмент 7 повертається відносно пальця 6, закручуючи спіральну пружину 11 відносно її кріплення на ступиці 4. Доступ матеріалу на сегмент 7 та закручування при цьому пружини 11 продовжується до тих пір, поки палець 9 знаходиться дотикаючись до відбивача 12 та утримується ним. Після сходу пальця 9 з відбивача 12 в результаті суміщення сегменту 7 в бік обертання ступиці 4 пружина 11, розкручуючись, передає сегменту 7 прискорення руху відносно пальців 6 в бік обертання диску 10 і матеріал під дією відцентрової сили сходить з лопатки 8, заповнюючи спочатку ближню, а потім дальню зони розсіювання. Так, сегмент 7 після сходу з пальця 9 з відбивача 12 рухається з прискоренням, а відповідно,

діюча при цьому відцентрова сила на частинки матеріалу безперервно збільшується, то швидкість сходу з лопатки 8 матеріалу, а далі і його кількість безперервно збільшуються в напрямку дальньої зони, що забезпечує доступ однакової кількості матеріалу на одиницю площі та приводить до рівномірного розташування по ширині захвату.

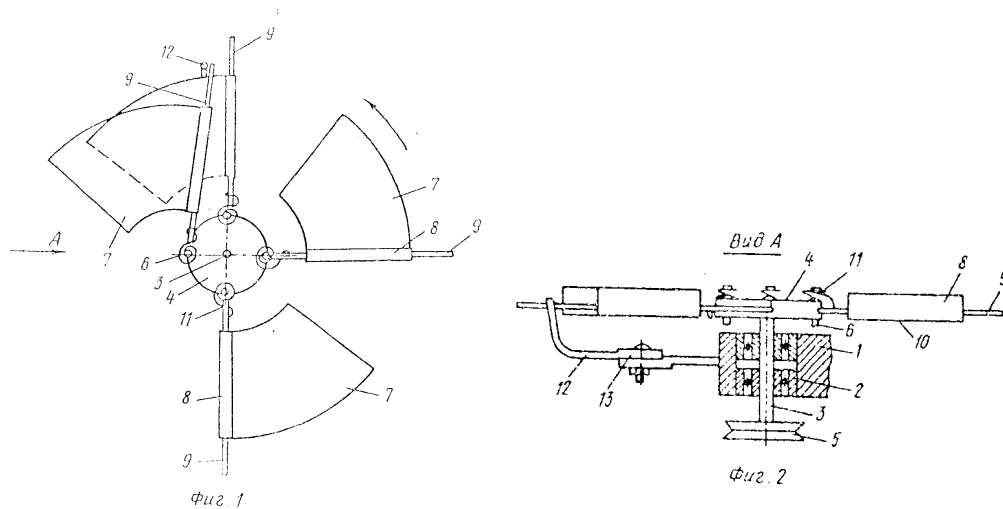


Рис.1.7. Робочий орган відцентрового розкидача добрив.

а- робочий орган; б- розріз А-А, на в- променеподібний робочий орган, вид зверху, на г- розріз Б-Б на г.3.

Пристрій відноситься до сільськогосподарського машинобудування.

А.с. SU 1605984 А1 Робочий орган відцентрового розкидача добрив.

Мета – підвищення рівномірності внесення добрив, шляхом збільшення ширини захвату.

На фіг.1 зображено робочий орган; на фіг.2 – розріз А-А на фіг.1, на фіг.3 – променеподібний робочий орган, вид зверху, на фіг.4 – розріз Б-Б на г.3. Робочий орган відцентрового розкидача добрив має ступицю 1, на якій розташовані променеподібні робочі елементи, виконані в вигляді лопаток 2. Лопатки 2 виконані в вигляді конусних жолобків, які розташовані вершинами в бік ступиці 1 робочого елемента. Лопатки 2 з'єднані між собою косинками 3. Робочі елементи розташовані один над одним. Промені наступного кожного

ряду розташовані в проміжках між променями верхнього ряду зі зміщенням 30° .

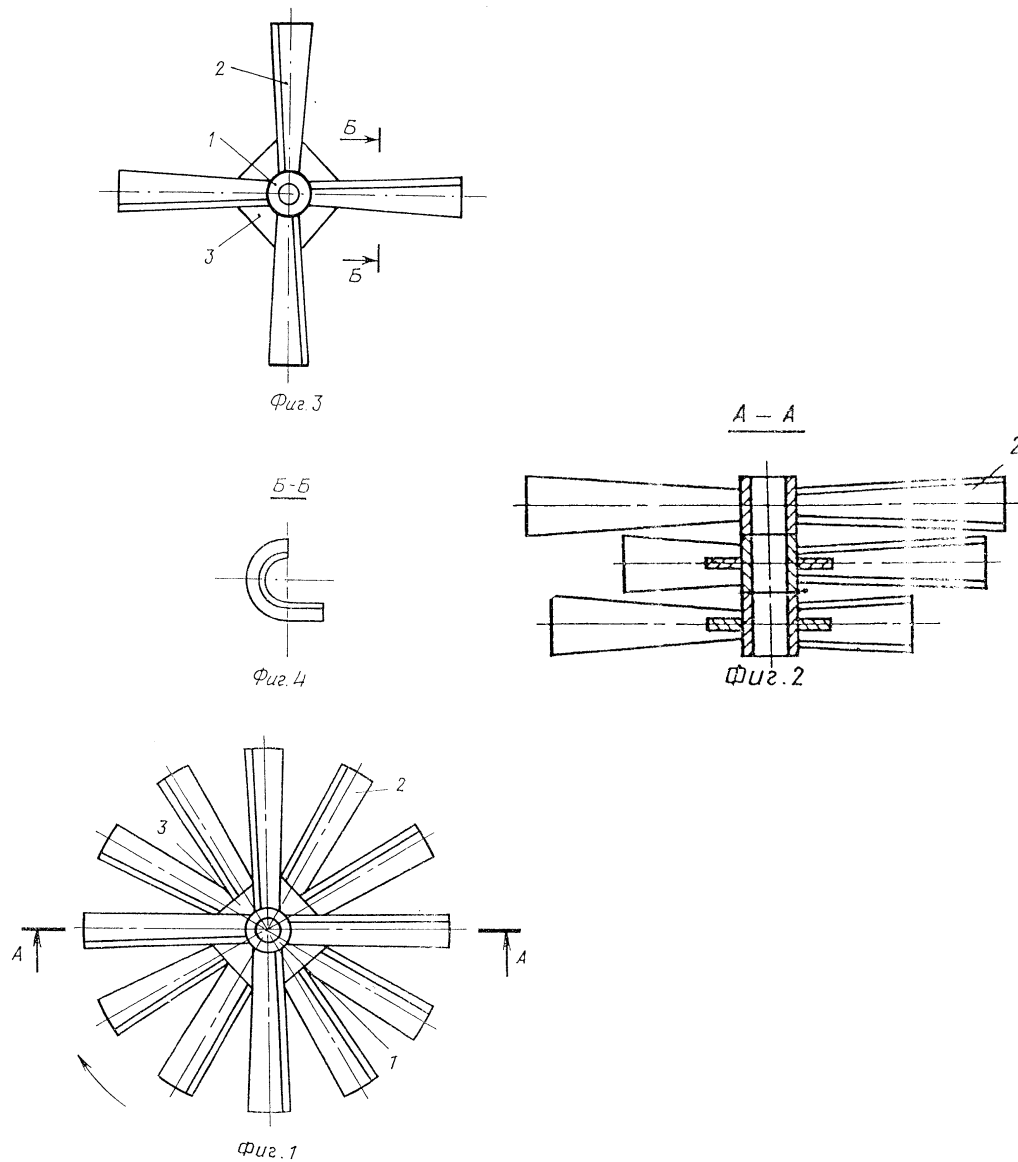


Рис.1.8. фіг.1 - зображено робочий орган; на фіг.2 – розріз А-А на фіг.1, на фіг.3 – променеподібний робочий орган , вид зверху, на фіг.4 – розріз Б-Б

Робочий орган відцентрового розкидача працює наступним чином. Лопатки 2 підхоплюють частинки добрив і під дією відцентрових сил після деякого руху їх по робочим поверхням лопаток 2 до периферій струйкою сходять з них і розташовуються по поверхні ґрунту. Частота обертання

робочого органу та висота лопаток достатня для здійснення сходу всіх частинок тільки з поверхні лопаток 2.

Існуючі засоби механізації внесення мінеральних добрив суцільним способом забезпечують якісне проведення операції в оптимальних умовах їх використання. При цьому може бути досягнута максимальна продуктивність та рівномірність внесення мінеральних добрив за рахунок збільшення ширини захвату розкидання мінеральних добрив.

Патентний аналіз конструкцій розкидачів мінеральних добрив відцентрового типу свідчить про те, що основним напрямком розвитку робочих органів машин є підвищення якісних показників роботи цих машин.

Висновки до розділу

Існуючі засоби механізації внесення мінеральних добрив суцільним способом забезпечують якісне проведення операції в оптимальних умовах їх використання. При цьому може бути досягнута максимальна продуктивність та рівномірність внесення мінеральних добрив за рахунок збільшення ширини захвату розкидання мінеральних добрив.

Патентний аналіз конструкцій розкидачів мінеральних добрив відцентрового типу свідчить про те, що основним напрямком розвитку робочих органів машин є підвищення якісних показників роботи цих машин.

Було поставлено наступні задачі та мета дослідження.

Метою дослідження є підвищення рівномірності поверхневого внесення мінеральних добрив шляхом вдосконалення функціональної структури, оптимізації конструктивних параметрів і режимів роботи дискового апарату.

Предметом дослідження є закономірності процесу розподілу мінеральних добрив дисковим апаратом.

Об'єктами дослідження є технологічний процес внесення мінеральних добрив, дисковий апарат, властивості добрив.

Завдання дослідження.

1) Вивчити основні фізико-механічні властивості мінеральних добрив, які впливають на дальність польоту і рівномірність їх розподілу по поверхні поля.

2) Дослідити процес і встановити якісні показники розсівання органо-мінеральних добрив відцентровим робочим органом.

3) Обґрунтувати раціональні параметри робочого органу розкидача органо-мінеральних добрив.

4) Встановити на основі порівняльних досліджень агротехнічні і техніко-економічні показники експериментального і серійного розсіюючих робочих органів розкидача добрив.

5) Розробити рекомендації по застосуванню відцентрового розкидача на серійних машинах для внесення добрив в технологіях вирощування пшениці озимої.

6) Уточнити заходи по охороні праці при внесенні добрив.

7) Провести техніко-економічні обґрунтування доцільності практичного використання запропанованого пристрою.

2. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Формування концепції робочого органа

Процес розподілу гранул по поверхні поля носить багатofакторний імовірнісний характер. На нього впливають: нормальний закон розподілу коефіцієнта вітрильності, логарифмічний закон залежності дальності польоту від коефіцієнта вітрильності, закон поступового руху агрегату в цілому. Суперпозиція цих законів дає остаточну картину розподілу добрива по поверхні. В загальному випадку цей закон не може бути рівномірним. Але, якщо забезпечити достатньо велику кількість варіантів початкового сходу гранул з поверхні то з точки зору теорії імовірності цей закон стане наближатись до рівномірного. Графічна інтерпретація цього положення наведена на рис.2.1.

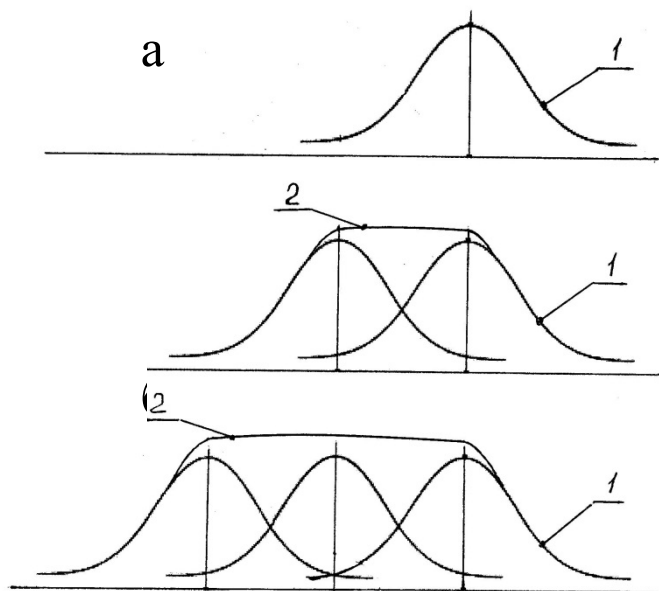


Рисунок 2.1. Графічна інтерпретація суперпозиції законів розподілу добрива по поверхні поля при наявності одної (а), двох (б) та трьох (в) точок сходу з поверхні диска

Як видно з наведеного звичайна сума поодиноких 1 законів розподілу дозволяє отримати ділянки 2 близькі до рівномірного розподілу. Таким чином, треба забезпечити сход з диска декількох потоків гранул з різними початковими швидкостями, але при цьому не допустити перехрещення потоків в процесі польоту. Як видно з наведеного звичайна сума поодиноких

1 законів розподілу дозволяє отримати ділянки 2 близькі до рівномірного розподілу. Таким чином, треба забезпечити сход з диска декількох потоків гранул з різними початковими швидкостями, але при цьому не допустити перехрещення потоків в процесі польоту. Для виконання поставленої задачі нами пропонується наступна схема робочого органу (рис.2.2.).

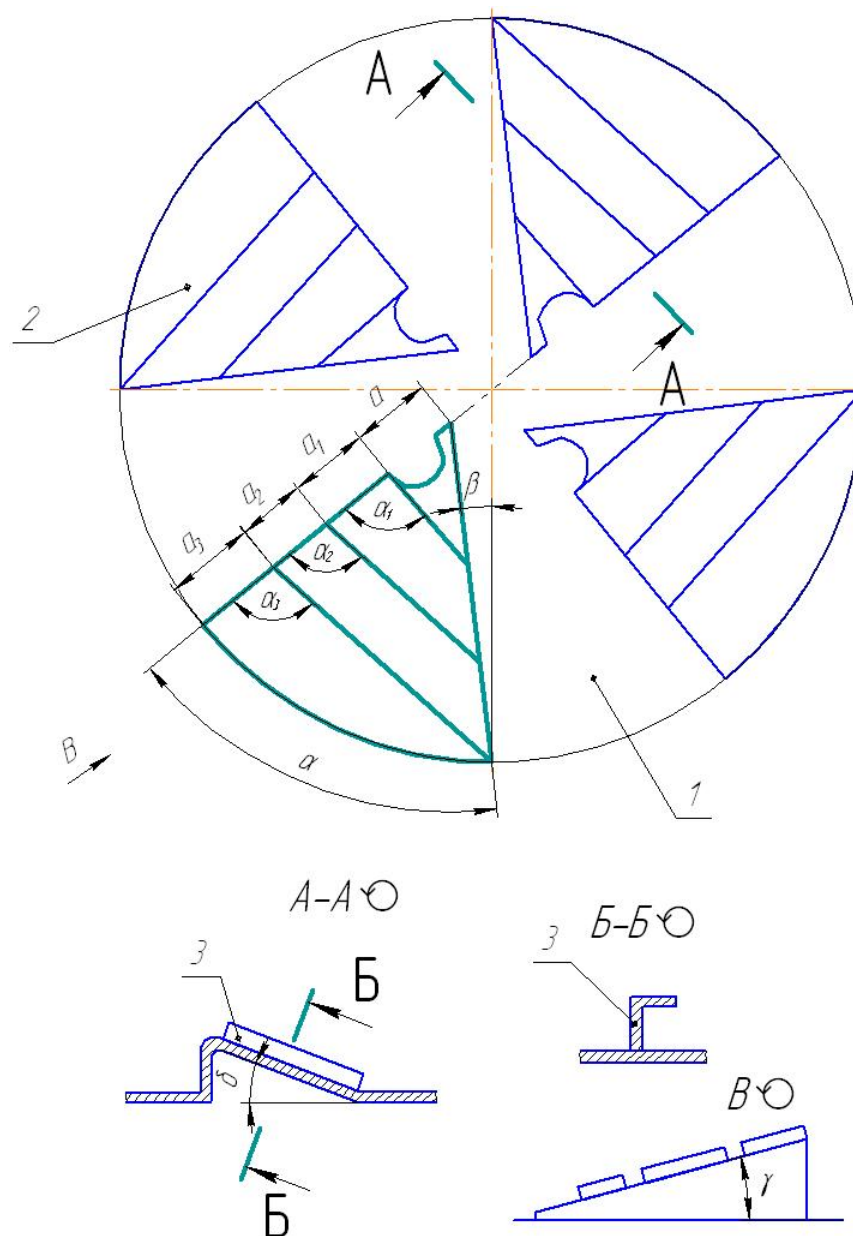


Рисунок 2.2. Конструктивна схема диска розкидача добрив

Диск 1 оснащений трикутними (вид А-А) лопатями 2, робоча поверхня збільшується по мірі віддалення від центру обертання. На робочій поверхні

лопатеї закріплені направляючі 3 Г- подібної форми (вид Б-Б). Добрива подаються на плоску поверхню диска 1 і під дією відцентрових сил надходять на лопаті 2. Далі потік розділяється направляючими 3 на чотири окремі потоки які при сходженні з поверхні лопаті будуть рознесені у просторі, що виключає перехрещення їх траєкторій.

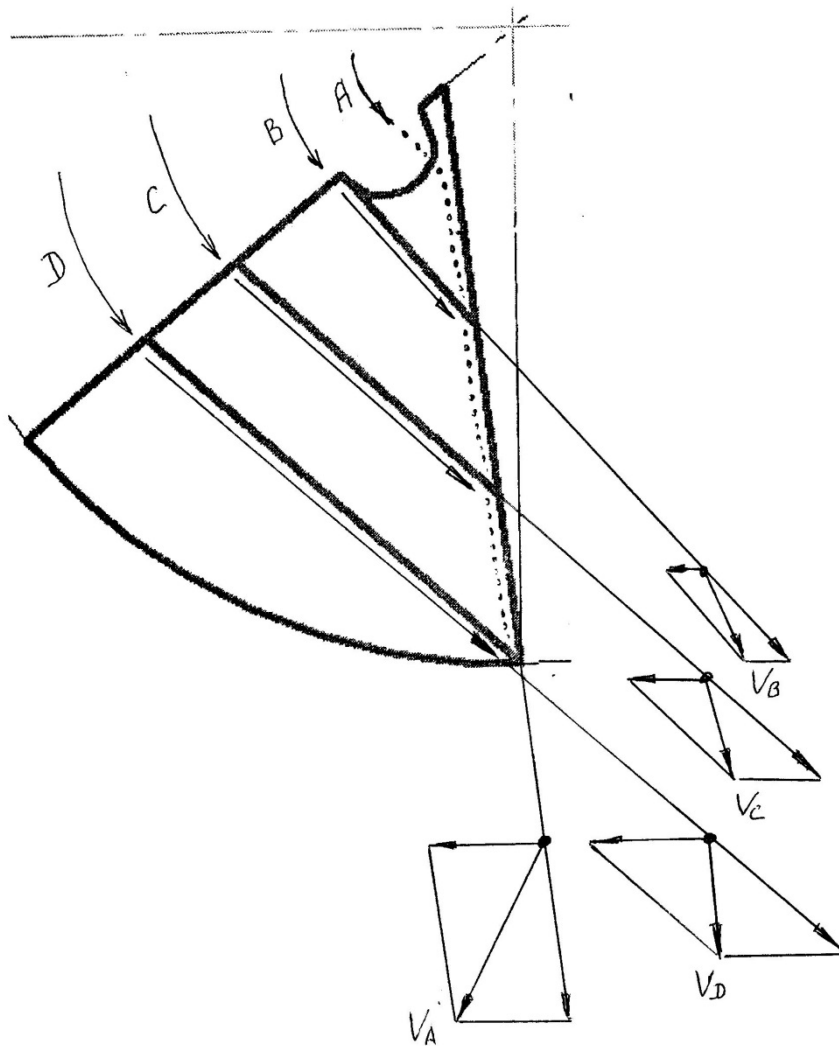


Рисунок 2.3. Розрахункова схема до визначення параметрів потоку

Для розсіювання мінеральних добрив по поверхні ґрунту використовують машини з одним чи двома розсіювальними дисками. На верхній поверхні кожного змонтовано по чотири плоскі лопатки, що розміщені радіально або з відхиленням від радіального напрямку на кут $\pm(10... 15^\circ)$. Робочий процес такого апарата складається з двох фаз: відносного

переміщення гранул по диску і вільного польоту під дією наданої їм кінетичної енергії й діючого прискорення вільного падіння.

Перша фаза починається з моменту падіння гранули на диск і охоплює два періоди: рух гранули по диску до зіткнення з лопаткою і переміщення гранули добрив по поверхні лопатки. Рух добрив до зіткнення з лопаткою відбувається за умови

$$m\omega^2 r > fmg, \text{ або } \omega > \sqrt{\frac{fg}{r}}, \quad (2.1)$$

Оскільки

$$\omega = \frac{\pi n}{30} \quad (2.2)$$

то для додержання цієї умови частота обертання диска

$$n > \frac{30\omega}{\pi} = 30 \sqrt{\frac{fg}{\pi^2 r}}, \quad (2.3)$$

де f - коефіцієнт тертя часточки добрив по диску; r — відстань від місця подачі часточки добрив до центра обертання диска, м.

Часточка добрив під час падіння на диск рухається по траєкторії, що нагадує логарифмічну спіраль.

Після зіткнення часточки з лопаткою починається другий період руху часточки по диску — вздовж лопатки.

Завдяки лопаткам змінюється напрямок руху гранул добрив, збільшується їх швидкість і дальність польоту.

При переміщенні часточки вздовж лопатки на гранулу масою t (рис 2.4.) діють:

- **відцентрова сила інерції**

$$F_{\text{ВЦ}} = m\omega^2 r_i; \quad (2.4)$$

- **корріолісова сила**

$$F_K = 2m\omega r_i; \quad (2.5)$$

• сила тертя гранул по диску

$$F_1 = fmg; \quad (2.6)$$

• сила тертя гранул по лопаті

$$F_2 = f(2m\omega r_i - m\omega^2 r_i \sin\psi), \quad (2.7)$$

де ω — кутова швидкість диска; r_i — відстані, між гранулами та віссю обертання диска; $r_i = v_r$ відносна швидкість ковзання гранули вздовж поверхні лопатки;

f — коефіцієнт тертя гранули добрив по поверхні диска та лопатки;
 ψ — кут відхилення лопатки від радіуса диска.

Кут $\psi \neq \text{const}$, якщо лопатка прямолінійна; $\psi = \text{const}$, якщо лопатка змонтована по логарифмічній кривій з полюсом, що збігався з віссю O обертання диска.

Прискорення Коріоліса $2\omega v_r$ перпендикулярне до v_r і має напрямок у бік ω , а Коріолісова сила $F_K = 2m\omega r_i$ має зворотний напрямок.

Ковзання гранули вздовж лопатки відбувається за умови :

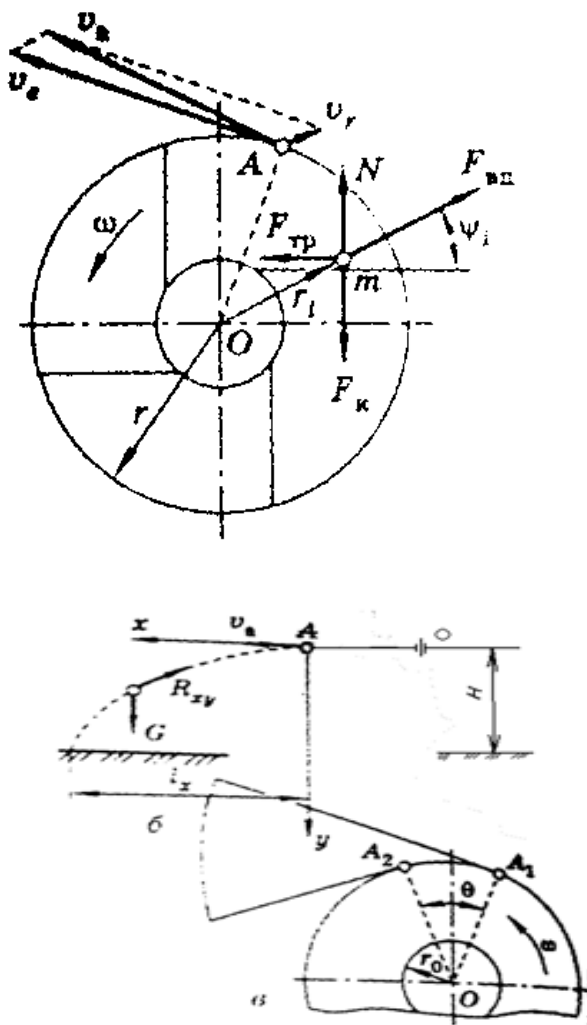
$$\omega r_i \cos\psi_i > fg + f(2\omega r_i - \omega^2 r_i \sin\psi_i) \quad (2.8)$$

Із формули (3.8) можна визначити $r_i = v_r$ у той момент, коли гранула злітає з диска $r_i = r$. Абсолютну швидкість у момент зльоту гранули добрив з лопатки визначають за формулою

$$v_a = \sqrt{(v_e \pm v_r \sin\Psi_K)^2 + (v_r \cos\varphi_K)^2}, \quad (2.9)$$

де Ψ_K — кінцеве значення кута між лопаткою і радіусом диска

Згідно з (рис. 2.4.a) у формулі (2.4) перед $v_r \sin\Psi_K$ знак «плюс» ставиться тоді, коли лопатки змонтовані на диску «кутом» уперед по ходу обертання розсіювального диска, а знак «мінус», якщо лопатки змонтовані «кутом» назад.



a

Рис.2.4 Схема для розрахунку процесу розсіювання мінеральних добрив дисковим апаратом:

a - сили, що діють на гранулу добрив; *б*—до визначення дальності польоту часточки добрив; *в* — зони розсіювання добрив

При радіальному розміщенні лопатей $\Psi_K = 0$.

Тоді:

$$v_a = \sqrt{v_e^2 + v_r^2} \quad (2.10)$$

Проте v_r значно менша від v_e , тому вплив v_r на v_a відносно невеликий і при практичних розрахунках ним можна знехтувати, прийнявши $v_a \approx v_r$.

Друга фаза передбачав рух гранули, що злетіла з диска зі швидкістю $v_a \approx v_e$, яка має напрямок по горизонталі. При цьому (рис. 2.4. б) на частину добрив діятимуть:

- **сила ваги**

$$G = mg \quad (2.11)$$

- **сила опору повітря**

$$R_x = mk_{\Pi} v^2 \quad (2.12)$$

де k_{Π} — коефіцієнт парусності.

За малих значень k_{Π} (гранули, кристали тощо) опір повітря можна не враховувати. Для розрахунку дальності польоту часточок добрив використовують рівняння:

$$x = v_a t_{\Pi} \quad (2.13)$$

$$y = \frac{gt_{\Pi}^2}{2}$$

Розв'язавши друге рівняння відносно часу t_{Π} польоту гранули, отримаємо:

$$t_{\Pi} = \sqrt{\frac{2y}{g}} \quad (2.14)$$

Підставивши значення t_{Π} у перше рівняння виразу (2.13), дістанемо, рівняння траєкторії гранули (див. рис. 2.4. б):

$$x = v_a \sqrt{\frac{2y}{g}} \approx \omega r \sqrt{\frac{2y}{g}} \quad (2.15)$$

Визначимо дальність польоту часточки добрив для розсіювального пристрою, підставивши в залежність (2.15) значення $y=H$, тоді

$$x = l_x = \omega r \sqrt{\frac{2H}{g}} \quad (2.16)$$

де H — висота розміщення розсіювального диска над поверхнею ґрунту.

Для збільшення дальності польоту часточок добрив у деяких конструкціях застосовують конічні диски з кутом конусності $3...5^\circ$.

Ураховуючи, що гранули надходять на диск потоком певної ширини, відстань

r_0 (рис. 2.4. в) для різних гранул буде різною. Через різні значення r_i гранули злітають із диска по дузі A_1A_2 (рис.2.4. в), а їхній розподіл по поверхні поля фіксується пучком траєкторій. Центральний кут, що відповідає дій дузі, становить $\theta = 60... 150^\circ$.

Для дводискового апарата ширину розсіювання визначають за формулою:

$$B_p \approx 2\omega r \sqrt{\frac{2H}{g}} + A \quad (2.17)$$

де $A \approx (2,4...2,6)$, r — відстань між центрами розсіювальних дисків.

$$\omega = 3,14 \cdot \frac{1000}{30} = 0,104 \text{ м/с.}$$

$$x = 0,01 \cdot 2 \cdot 0,7 = 0,014 \text{ м}$$

$$Rx = 0,008 \cdot 0,01^2 = 0,00000008$$

$$G = 0,0004$$

$$F1 = 0,004 \cdot 0,08 = 0,0032$$

$$F_k = 2 \cdot 0,004 \cdot 0,001 \cdot 60 = 0,00048$$

$$F_{вц} = 0,004 \cdot 0,001^2 \cdot 60 = 0,00000024$$

Для регулювання рівномірності розподілу добрив по ширині захвату машини змінюють місце подачі гранул добрив на розсіювальний диск. У разі подачі часточок добрив якомога ближче до осі обертання розсіювального диска (зменшення r_0 , рис. 2.4. в) збільшується кількість висіяних добрив по периферії

ширини захвату машини. Якщо добрива подаються далі від осі обертання розсіювального диска (збільшення r_0), то збільшується кількість висіяних

добрив у середній частині смуги розсіву добрив. При збільшенні частоти обертання розсіювальних дисків добрива рівномірніше розподіляються по поверхні поля, а при збільшенні діаметра дисків рівномірність погіршується. Нахил лопаток до радіуса диска в бік обертання на 10... 12° сприяє рівномірнішому розподілу добрив по поверхні поля.

Рівномірність розподілу добрив оцінюють як по ходу руху машини, так і в поперечному напрямку. Оскільки часточки добрив злітають тільки з кінців лопаток, то добрива розсіюються струменями і розподіляються по поверхні поля концентрованими дугами, що свідчить про пульсивність характеру подачі добрив.

Одводисковий відцентровий апарат нерівномірно розподіляє добрива в поздовжньому напрямку. Рівномірність розподілу добрив у поперечному напрямку значно нижча, ніж у поздовжньому. Завдяки перекриванню зон розсіювання добрив дводисковий апарат розподіляє їх по ширині захвату машини більш рівномірно.

2.2. Рух гранули після сходу з поверхні диска з урахуванням дії вітру

Розглядається математична модель руху частинки з врахуванням опору (напору) навколишнього середовища. Загальний випадок, коли частинка рухається в повітрі після сходження з робочого органу.

На матеріальну точку діють сили (рис.2.5).

Сумарна сила опору (напору) навколишнього середовища:

$$\bar{R} = k \cdot m \cdot g (\bar{V} - \bar{V}_B),$$

де k , с/м- коефіцієнт опору;

V , м/с - швидкість частинки в довільний момент часу t (утворює кут α з горизонтом);

$V_B, \text{ м/с}$ - постійна швидкість вітру, направлена під кутом β до горизонту;
 $V_0, \text{ м/с}$ - початкова швидкість матеріальної частинки M (утворює кут α_0 з горизонтом).

Вага $m\vec{g}$, де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ прискорення вільного падіння.

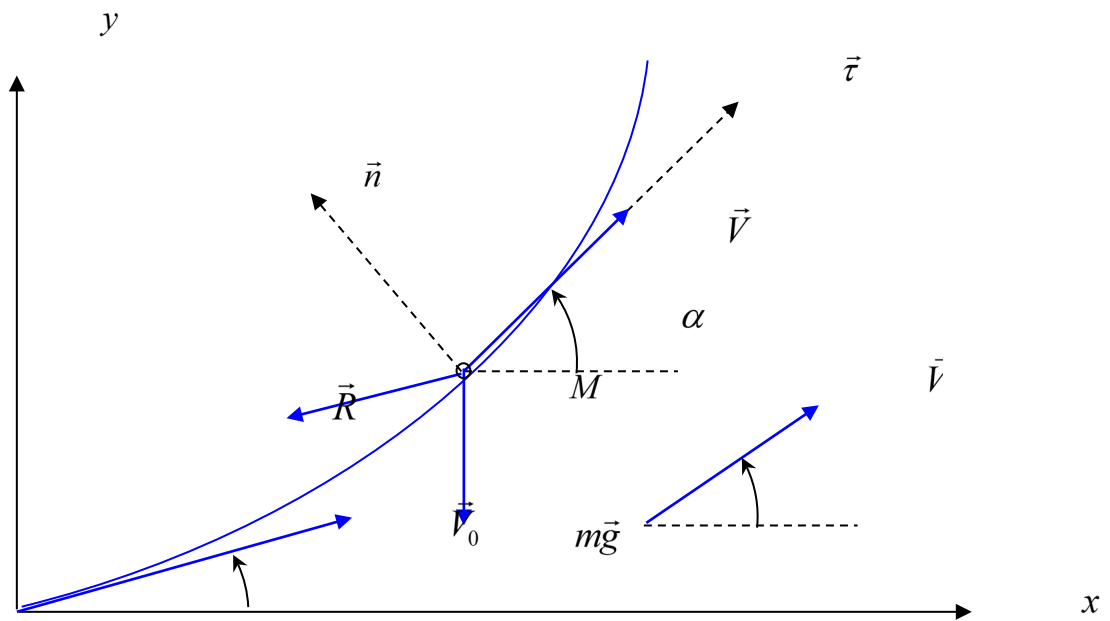


Рис. 2.5. Схема сил, які діють на матеріальну точку

В натуральній системі координат $(M\tau n)$ система диференціальних рівнянь руху частинки записується згідно:

$$m \frac{dV}{dt} = F_\tau, \quad m \frac{V^2}{\rho} = F_n,$$

яка в розгорнутому вигляді пропонується має вигляд:

$$\begin{cases} m \frac{dV}{dt} = -m \cdot g \cdot \sin \alpha - k \cdot m \cdot g \cdot [V - V_B \cdot \cos(\beta - \alpha)]; \\ m \frac{V^2}{\rho} = -m \cdot g \cdot \cos \alpha + k \cdot m \cdot g \cdot V \cdot \sin(\beta - \alpha), \end{cases} \quad (2.2.1.)$$

де $\frac{1}{\rho} = \frac{d\alpha}{ds}$ - кривизна траєкторії;

s – дугова координата траєкторії.

Враховуючи, що

$$V = \frac{ds}{dt}; \quad \frac{dV}{dt} = \frac{dV}{ds} \cdot \frac{ds}{dt} = V \frac{dV}{ds}; \quad \frac{dV}{ds} = \frac{dV}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{ds} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dV}{d\alpha},$$

отримуємо:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{V}{\rho} \cdot \frac{dV}{d\alpha}.$$

З врахуванням останнього, перетворюємо систему диференціальних рівнянь (2.2.1) до вигляду

$$\left. \begin{aligned} \frac{V}{g \cdot \rho} \cdot \frac{dV}{d\alpha} &= -k \cdot V + A \cdot \cos(\alpha + \varphi) \\ \frac{V^2}{g \cdot \rho} &= -A \cdot \sin(\alpha + \varphi) \end{aligned} \right\} \quad (2.2.1')$$

$$\text{де } \sin\varphi = \frac{1 - k \cdot V_B \cdot \sin\beta}{A}; \quad \cos\varphi = \frac{k \cdot V_B \cdot \cos\beta}{A};$$

$$A = \sqrt{(1 - k \cdot V_B \cdot \sin\beta)^2 + (k \cdot V_B \cdot \cos\beta)^2}.$$

З другого рівняння (2.1') отримуємо

$$\frac{1}{g \cdot \rho} = -\frac{A \cdot \sin(\alpha + \varphi)}{V^2} \quad (2.2.2)$$

Перше рівняння системи (2.1') з врахуванням (2.2.2)

перетворюється до вигляду:

$$\frac{1}{V} \cdot \frac{dV}{d\alpha} = \frac{\left(\frac{k}{A}\right) \cdot V - \cos(\alpha + \varphi)}{\sin(\alpha + \varphi)} \quad (2.2.3)$$

Після інтегрування отримуємо:

$$V(\alpha) = \frac{1}{C_0 \cdot \sin(\alpha + \varphi) + \frac{k}{A} \cdot \cos(\alpha + \varphi)} = \frac{1}{A_1 \cdot \sin(\alpha + \varphi + \Omega)}, \quad (2.2.4)$$

$$\text{де } \cos\Omega = \frac{C_0}{A_1}; \quad \sin\Omega = \frac{\left(\frac{k}{A}\right)}{A_1}; \quad A_1 = \sqrt{C_0^2 + \left(\frac{k}{A}\right)^2}.$$

$$C_0 = \frac{\left[\frac{1}{V_0} - \frac{k}{A} \cdot \cos(\alpha_0 + \varphi) \right]}{\sin(\alpha_0 + \varphi)} - \text{постійна інтегрування [знаходиться з}$$

початкової умови: $V(\alpha_0) = V_0$].

Використовуються відомі залежності

$$\left. \begin{aligned} \cos \alpha &= \frac{dx}{ds} = \frac{dx}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{ds} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dx}{d\alpha} \\ \sin \alpha &= \frac{dy}{dS} = \frac{dy}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{ds} = \frac{1}{\rho} \cdot \frac{dy}{d\alpha} \end{aligned} \right\}$$

Отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dx}{d\alpha} &= \rho \cdot \cos \alpha \\ \frac{dy}{d\alpha} &= \rho \cdot \sin \alpha \end{aligned} \right\}$$

З врахуванням (2.2.2) та (2.2.4) після перетворення та інтегрування останніх залежностей маємо:

$$x(\alpha) = \frac{1}{k \cdot g} \cdot \frac{A}{k} \left[\cos \varphi \cdot \ln \frac{\sin(\alpha + \varphi + \Omega)}{\sin(\alpha + \varphi)} - \sin \Omega \cdot \cos(\varphi + \Omega) \cdot \text{ctg}(\alpha + \varphi + \Omega) \right] + C_1, \quad (2.2.5)$$

$$y(\alpha) = \frac{1}{k \cdot g} \cdot \frac{A}{k} \left[-\sin \varphi \cdot \ln \frac{\sin(\alpha + \varphi + \Omega)}{\sin(\alpha + \varphi)} + \sin \Omega \cdot \sin(\varphi + \Omega) \cdot \text{ctg}(\alpha + \varphi + \Omega) \right] + C_2,$$

де постійні інтегрування C_1 та C_2 отримуємо з початкових умов: $x(\alpha_0) = 0$, $y(\alpha_0) = 0$.

З рівняння (2.2.2) отримуємо:

$$\frac{d\alpha}{ds} = -A \cdot g \cdot A_1^2 \sin(\alpha + \varphi) \sin^2(\alpha + \varphi + \Omega) \quad (2.2.6)$$

Проінтегрувавши, знаходимо

$$s(\alpha) = \frac{A}{k^2 \cdot g} \left[-\frac{\sin \Omega}{\sin(\alpha + \varphi + \Omega)} + \cos \Omega \cdot \ln \left(\text{tg} \frac{\alpha + \varphi + \Omega}{2} \right) - \ln \left(\text{tg} \frac{\alpha + \varphi}{2} \right) \right] + C_3 \quad (2.2.7)$$

Постійна інтегрування C_3 знаходиться з умов $S(\alpha_0) = 0$.

Оскільки

$$\frac{1}{A_1 \sin(\alpha + \varphi + \Omega)} = V = \frac{ds}{dt} = \frac{ds}{d\alpha} \cdot \frac{d\alpha}{dt},$$

то з урахуванням формули (2.2.6) останній вираз можна перетворити до вигляду:

$$dt = \frac{1}{A \cdot g \cdot A_1} \cdot \frac{d\alpha}{\sin(\alpha + \varphi) \cdot \sin(\alpha + \varphi + \Omega)}$$

Після інтегрування маємо

$$t = \frac{1}{A \cdot g \cdot A_1 \cdot \sin \Omega} \cdot \ln \left[C_4 \frac{\sin(\alpha + \varphi + \Omega)}{\sin(\alpha + \varphi)} \right] \quad (2.2.8)$$

де $C_4 = \frac{\sin(\alpha_0 + \varphi)}{\sin(\alpha_0 + \varphi + \Omega)}$ - постійна інтегрування, яка знаходиться з

початкової умови:

$$\alpha(t=0) = \alpha_0.$$

На основі рівняння (2.2.8), отримуємо:

$$\alpha(t) = \arctg \left(\frac{\frac{\sin \Omega}{e^{k \cdot g \cdot t}}}{C_4 - \cos \Omega} \right) - \varphi.$$

Система рівнянь (2.2.5) з врахуванням останнього виразу визначає рівняння траєкторії руху частинки в параметричній формі

Для обґрунтування основних параметрів робочого органа та перевірки адекватності математичної моделі руху частинки в просторі було проведено чисельний аналіз польоту гранул з урахуванням дії вітру.

У розрахунках дальності польоту гранули, яка зійшла з першої лопатки, були прийняті такі вихідні дані:

швидкість вітру $V_B - 1$ м/с,

щільність добрив $- 1000$ кг /м³ ;

діаметр гранули $R - 0,001-0,005$ м;

початкова швидкість гранули (V_0) $- 18,19$ м/с;

кут нахилу лопаті до площини обертання диска (α_l) $- 13^0$;

в'язкість середовища η для повітря $- 0,000018$ кг / (м · с);

кут вильоту (α_0) $- 8^0$.

Підставивши дані у математичну модель руху частинки, які злетіли з робочого органа, матимемо траєкторію польоту гранули, щоб рівномірно засіяти добривами оброблювану територію, необхідно забезпечити відповідну швидкість руху гранули по диску, кута вильоту та дальності польоту даної частинки, засівання трьох смуг. Із цією метою потрібно зберегти пропорції в траєкторії руху гранули, яка злетіла з першої лопатки. Вона має бути в 3 рази більшою порівняно з траєкторією руху гранули, яка злетіла з третьої і дорівнювати $2/3$ траєкторії руху середньої лопатки. Цього було досягнуто. Так, швидкість руху гранули з першої лопатки становить 18,19 м/с, з другої – 11,75 м/с, а дальність польоту відповідно дорівнює 9,94 та 6,35 м. Що стосується останньої, найменшої лопатки, то в даному випадку швидкість становить 6,63 м/с, а дальність польоту 3,93 м. Траєкторії руху частинок, які не перетинаються у просторі, представлені на рис.2.4.

З рисунка 2.2.5 слідує, що з лопатки 1 гранули закидаються на відстань 9,94 м, висота зльоту гранули висота зльоту гранули над ґрунтом становить 1,2 м, з лопатки 2 гранули потрапляють на відстань 6,63 м та досягатимуть висоти польоту 0,15 м і з останньої лопатки 3 частинки закидатимуться на відстань 3,93 м.

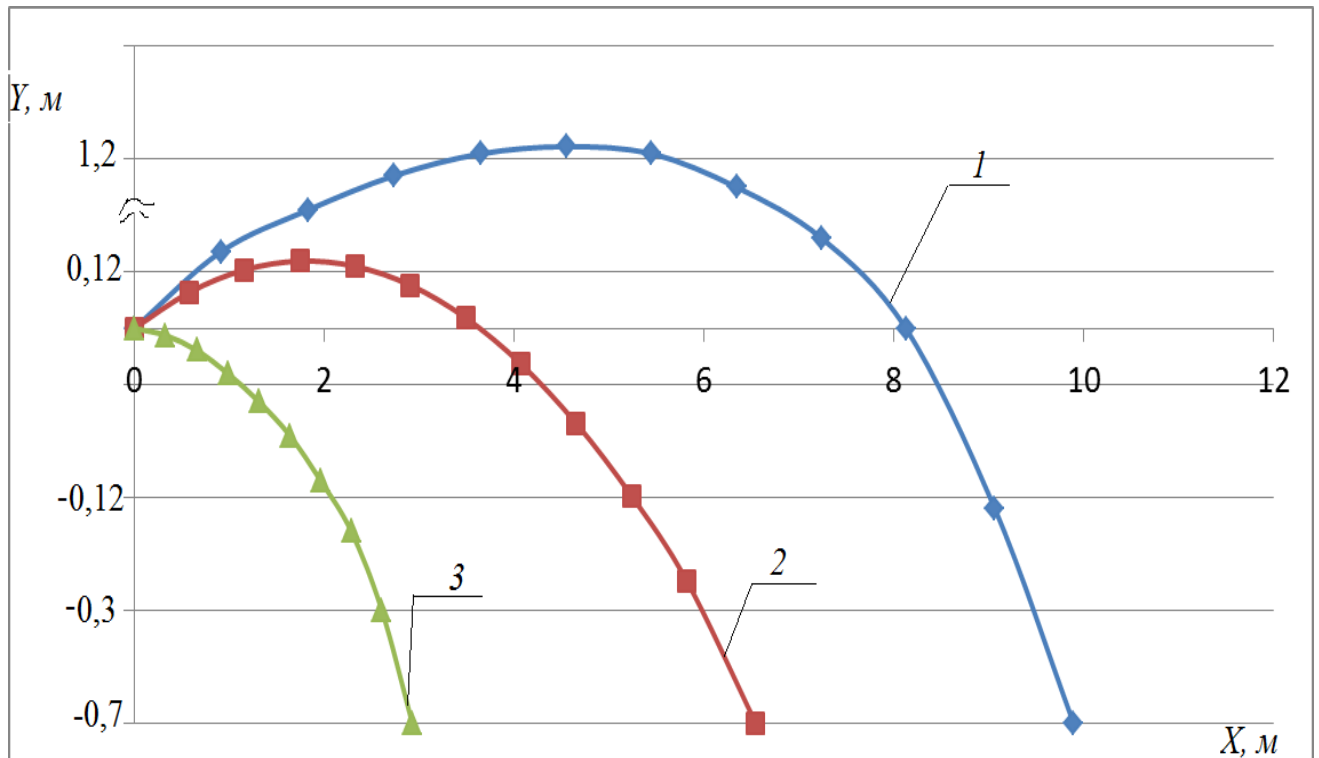


Рис.2.6. Траєкторії руху частинок, які зійшли з проектованого робочого органа:

1 – з лопатки, яка встановлена під кутом 13° ;

2 – з лопатки під кутом 8° ;

3 – з нижнього диска, лопатки, якого встановлені під кутом 0°

Оскільки у гранул неоднорідний гранулометричний склад і вони мають різний коефіцієнт парусності, то і падатимуть в дійсності не чітко по траєкторіях.

Висновки до розділу

1. Розподіл гранул добрива по поверхні поля є багатофункціональною залежністю. Врахування всіх вхідних параметрів за аналітичного дослідження надто ускладнене взаємним впливом факторів один на інший.

2. Опір повітря суттєво впливає на кінцевий розподіл гранул добрив по поверхні ґрунту. В основному вплив проявляється у зміні дальності польоту окремих гранул.

3. Вплив повітряного потоку (вітру) на кінцевий розподіл можна приймати пропорціональним першому ступеню швидкості як потоку, так і

самих гранул у потоці. У діапазоні швидкостей вітру до 0,5 м/с вплив повітряного потоку на дальність польоту гранули не перевищує 5 %, що відповідає зниженню нерівномірності розподілу на 0,35 %. Вплив інших факторів на показник нерівномірності значно більший, що дозволяє не враховувати в розрахунках швидкість вітру в даному діапазоні.

4. Аналіз багатопотокового внесення матеріалу дає можливість більш точно оптимізувати параметри розкидача. Визначено оптимальну кількість незалежних потоків, яка дорівнює трьом. Збільшення кількості потоків практично не впливає на остаточний розподіл.

5. З'ясована одна з можливих причин нерівномірності розсівання добрив розкидачами відцентрового типу. Запропонована конструкція розкидача, який може реалізувати більш рівномірне розкидання за умови забезпечення окремого живлення кожного з трьох вилітаючих потоків гранул з робочого органа відцентрового типу.

6. Виведені достатньо спрощені для інженерного застосування формули, що дають можливість обґрунтувати конструкцію дискового розкидача добрив, який гарантовано покращує розсівання. Отримані формули дозволяють розрахувати абсолютну швидкість вильоту туків з диска і кут вильоту, які необхідні для визначення ширини захвату розкидача.

7. Розраховані основні характеристики розкидача, здатного забезпечити внесення добрив при швидкості руху вітру до $V = 3$ м/с на ділянці, шириною 18 м:

- діапазон діаметра диска – 600–650 мм;
- діапазон частоти обертання диска – 520–560 об/хв;
- висота встановлення диска над рівнем ґрунту – 0,7–1,0 м;
- кількість лопатей (секторів) – 4;
- кількість напрямних ребер на лопаті (секторі) – 3;
- кількість дисків – 2 (нижній та верхній з різними діаметрами);
- кути нахилу напрямних для трьох потоків до площини обертання

диска:

$\alpha_1 - 13^\circ, \alpha_2 - 8^\circ, \alpha_3 - 0^\circ;$

- кути нахилу ребер до площини обертання дисків – 90° ;
- відстань між верхнім та нижнім диском – 60–65 мм;
- діаметр нижнього диска – 110–140 мм;
- висота лопатей, які закріплені на нижньому диску – 40–45 мм;
- висота живильника – 60 мм;
- діаметр живильника біля основи – 240 мм, на вершині – 196 мм.

8. Прогнозована розрахункова нерівномірність внесення добрив – 10,02 % для наведених конструктивних та кінематичних показників за прийнятого в роботі гранулометричного складу добрив.

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Аналітичні дослідження, що проведені на розробленій математичній моделі внесення гранульованих добрив відцентровим дисковим апаратом, дали змогу запропонувати конструктивну схему розкидача оптимальної конструкції, що пропонується на рис.2.3. Отримані результати аналітичних досліджень потребують експериментального підтвердження.

Мета експериментальних досліджень – підтвердження адекватності розробленої математичної моделі та відпрацювання конструктивних і кінематичних параметрів багатопотокового розкидача мінеральних добрив.

Відповідно до поставленої мети окреслено коло задач, вирішення яких є необхідною і достатньою умовою.

1. Розробити методики визначення:

- параметрів розподілу гранул по поверхні ґрунту в лабораторних умовах;
- допустимої швидкості удару гранул по поверхні диска з урахуванням вологості гранул;
- впливу вітру на параметри розподілу гранул по поверхні;
- впливу коливань висоти розташування диска та кута нахилу на розподіл гранул по поверхні поля.

2. Розробити конструктивну схему дослідної установки та виготовити стенд.

3. Виготовити модель диска, в якій передбачити можливість зміни основних конструктивних параметрів.

4. Провести лабораторні експерименти відповідно до програми досліджень.

5. Виконати математичну обробку отриманих результатів.

6. Визначити оптимальні параметри дискового розкидача.

7. Виготовити дослідний зразок розкидача та провести польові випробування.

3.1. Програма експериментальних досліджень

Розробленою програмою експериментальних досліджень передбачено проведення лабораторних і польових випробувань.

Лабораторні дослідження включили:

- визначення основних механіко-технологічних властивостей добрив, що використовуються в дослідках;
- встановлення розподілу гранул за геометричними параметрами: частота обертання n диска, об/хв; кути $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ постановки напрямних потоку, град (рис.2.3); кути $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$, – кути нахилу лопатей до площини обертання диска, град;
- розрахунок параметрів розподілу по поверхні окремо від кожного каналу та одночасно від усіх каналів для різного фракційного складу добрива;
- обчислення шляхом багатофакторного експерименту конструктивних параметрів диска, за яких розподіл є найбільш наближеним до рівномірного;
- визначення для диска з оптимальними параметрами впливу на кінцевий розподіл добрив вітру різної направленості і швидкості;
- встановлення впливу на кінцевий розподіл коливань висоти розташування диска та кута нахилу відносно поверхні ґрунту.

Програма польових випробувань передбачала:

1. Виготовлення дослідного зразка диска, оптимізованого за результатами аналітичних та лабораторних досліджень.
2. Визначення якості поверхневого внесення добрив за різних норм внесення.
3. Проведення порівняльного аналізу якості внесення серійним та розробленим розкидачами.

3.2. Характеристика вихідного матеріалу

3.2.1. Параметри розподілу гранулометричного складу

Як відомо, [33, 42, 68], показник фракційного складу гранул не є сталою величиною, хоча багато в чому і визначає їх розподіл по поверхні ґрунту. Задачею досліджень було створення робочого органа, у якому вплив цього параметра був би зведений до мінімуму.

Враховуючи те, що розроблена математична модель передбачає використання не загального закону розподілу, а відсоткового вмісту фракцій, нами був використаний метод просіювання крізь решета з визначенням саме вагового співвідношення фракцій.

Відомо [42], що виробники мінеральних добрив орієнтуються на розмір гранул 1,0–5 мм. Менші за розміром гранули суттєво відрізняються за аеродинамічними властивостями, більші – схильні до руйнування. Тому для решітного класифікатора нами обраний такий крок діаметрів отворів:

$$5 - 4 - 3 - 2 - 1,0 \text{ мм.}$$

Добрива висипали у верхнє решето класифікатора і почергово просіювали на решетах (рис. 3.1).



Рис.3.1. Решітний класифікатор фракційного складу

Окремі фракції зважували і підраховували їх відсотковий вміст. Додатково обчислювали коефіцієнт структурності

$$K_{CT} = \frac{A}{B - A},$$

де A – маса гранул у діапазоні 1,0–5 мм;

B – загальна маса взятої проби.

3.2.2. Механіко-технологічні властивості добрив

У ході експерименту встановлювали основні механіко-технологічні властивості добрив, що використовувалися для досліджень.

Для визначення вологості, питомої ваги, коефіцієнтів внутрішнього та зовнішнього тертя, коефіцієнта відновлення при ударі застосовували стандартні методики [68, 76, 82]. Оригінальними можна вважати методики визначення допустимої швидкості удару гранул об металеву поверхню та встановлення їх аеродинамічних властивостей.

Допустиму швидкість удару розраховували за наступною схемою – рис. 3.2.

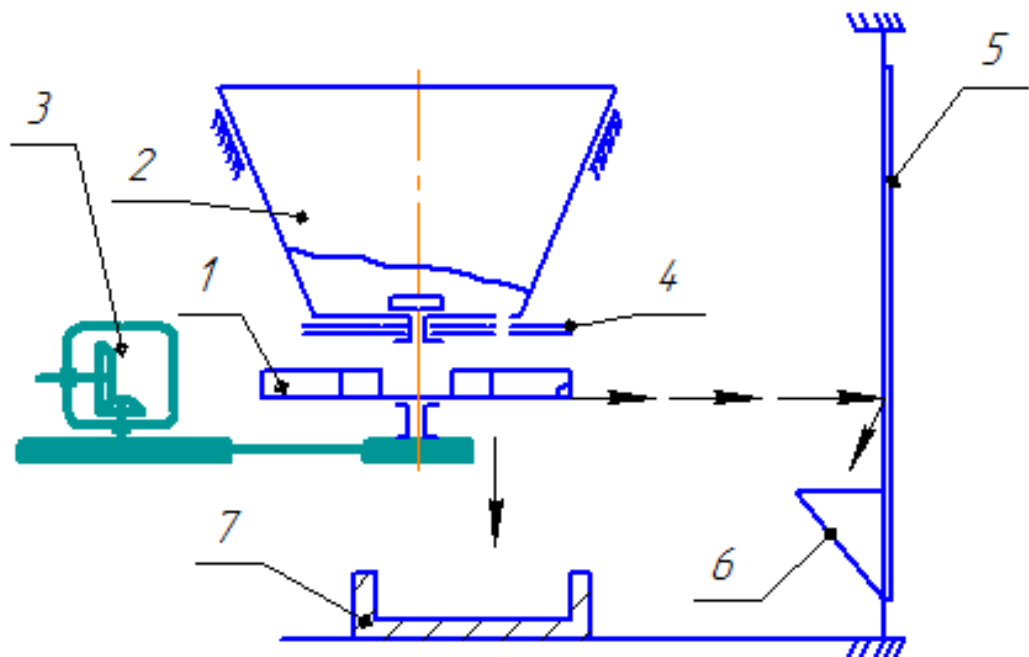


Рис. 3.2. Схема до визначення допустимої швидкості удару гранули добрива по металевій поверхні

Лабораторна установка складається з лопатєвого вала 1 з вертикальною віссю обертання, бункера 2, механізму приводу з встановленим тахометром 3,

дозатора 4, світлопоглинального екрана 5, збірника відпрацьованого матеріалу – кармана 6 та лотка 7.

Перед початком роботи відбирали 1,0–2 кг досліджуваного добрива і визначали його гранулометричний склад. Фракції, менші за 1,0 мм та більші за 5,0 мм відкидали. Добрива завантажували в бункер, включали електродвигун і тиристорним регулятором встановлювали початкову швидкість обертання ротора. Відкривали заслінку бункера і спрямовували потік у зону дії лопатей. При потраплянні на лопать добрива відбиваються в напрямку збірника 6. Не відбиті гранули потрапляють у лоток 7. Гранули зі збірника 6 і лотка 7 змішували і визначали фракційний склад. Результат порівнювали з вихідним. Експеримент проводять поступово збільшуючи швидкість обертання до фіксування різниці за масою дрібних фракцій, що свідчить про наявність травмування. Швидкість удару визначали як $V = \omega \cdot R$, де ω – кутова швидкість, с^{-1} ; R – відстань від центра обертання до точки контакту, м.

Щодо вологості гранул, то вона надзвичайно впливає на допустиму швидкість удару.

Вологість добрив визначали за ОСТ 70.2.15-73 «Испытание сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний» [76].

Коефіцієнт парусності розраховували за формулою:

$$K_{\Pi} = g/V^2,$$

де g – прискорення вільного падіння; V – критична швидкість.

Критичну швидкість встановлювали на парусному класифікаторі дещо зміненої конструкції (рис. 3.3), у якому швидкість потоку заміряли безпосередньо анемометром 3.

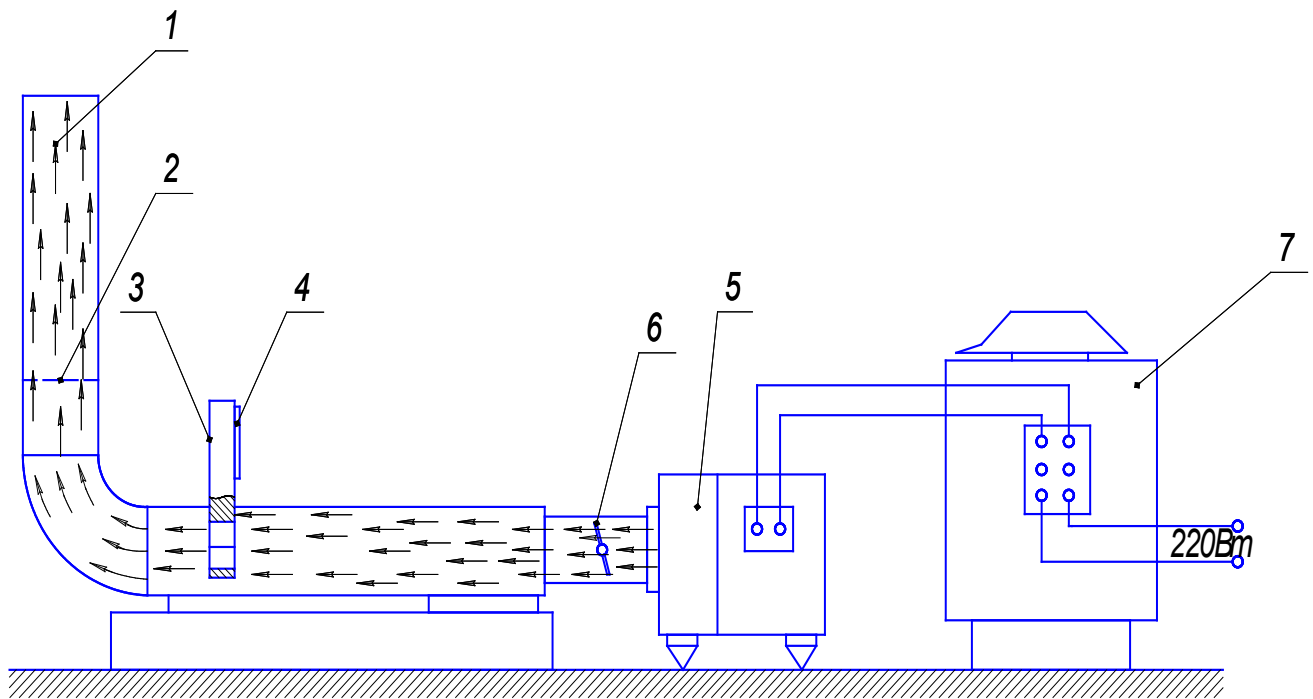


Рис.3.3. Схема модифікованого парусного класифікатора:
 1 – труба; 2 – сітка; 3 – анемометр; 4 – екран анемометра;
 5 – дросель; 6 – вентилятор; 7 – трансформатор



Рис. 3.4. Використаний в досліді анемометр DT-318

У пристрої повітряний потік утворюється вентилятором 5, який живиться від трансформатора 7. Швидкість потоку регулюється заслінкою 6. Застосування анемометра 3, на відміну від трубки Піто, дозволяє безпосередньо заміряти швидкість без виконання допоміжних розрахунків. До

того ж конструкція анемометра (рис. 3.4) сприяє вирівнюванню потоку, тобто робить його ламінарним.

3.3. Лабораторні дослідження

3.3.1. Конструкція лабораторної установки

Для виконання програми лабораторних досліджень нами була виготовлена спеціальна лабораторна установка (рис.3.5).

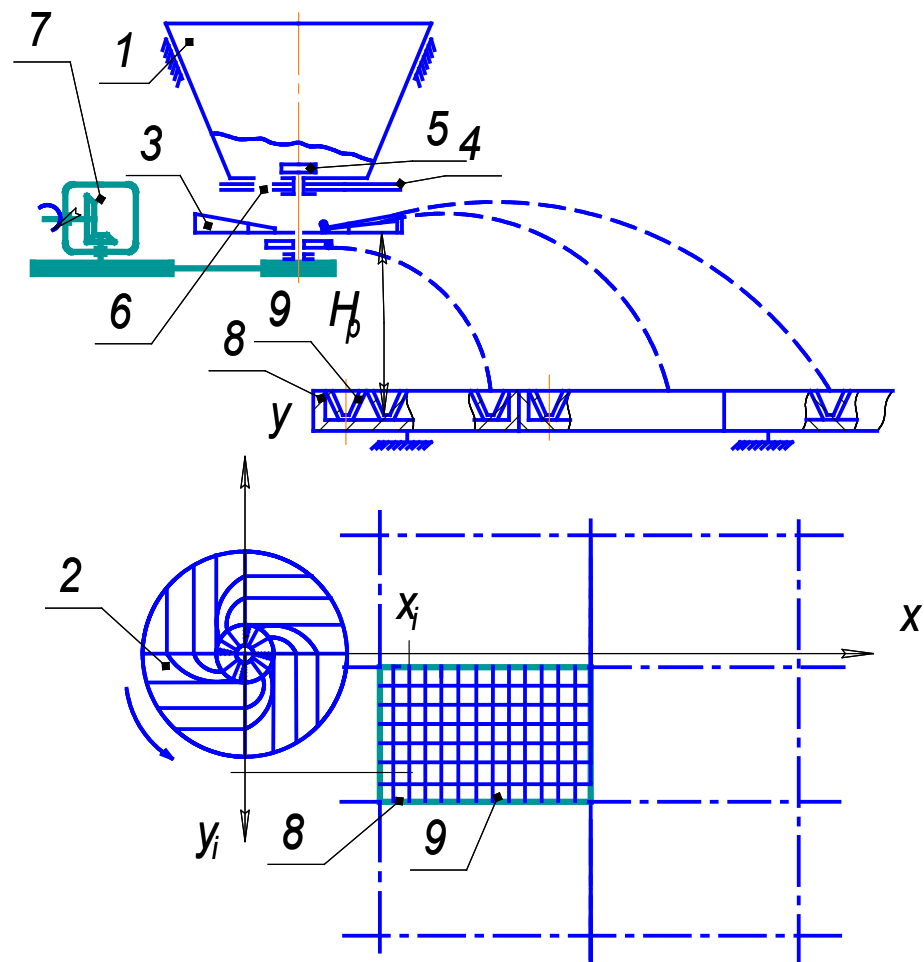


Рис. 3.5. Схема лабораторної установки:

1 – бункер; 2 – диск; 3 – лопать; 4 – дозатор; 5 – активатор; 6 – вікно активатора; 7 – редуктор; 8 – лоток; 9 – місткість

Установка складається з рами (умовно не показана), на якій у підшипниковій опорі з можливістю вільного обертання встановлено дослідний

диск 2 зі змінними лопатями 3 (рис. 3.6). До диска пасовою передачею підведений обертальний момент від редуктора 7, який живиться від колекторного електродвигуна змінного струму, що дозволяє регулювати частоту його обертання. Над диском встановлений бункер 1 з дозатором 4, який подає гранули добрив на диск. Для запобігання сводоутворення в бункері встановлений гумовий активатор 5 (запозичений зі сівалки СУПН-8). Для визначення параметрів розподілу були використані спеціальні лотки 8 (рис. 3.7).



Рис. 3.6. Дослідний зразок

диска:

а – вид збоку;

б – вид зверху

Особливістю лотка є те, що в ньому встановлено пробовідбірники, які приймають падаючі гранули. Це надає можливості покоординатно (X_l , Y_l , рис.3.5.) визначити розподіл гранул.



Рис. 3.7. Ваги для зважування гранул

У дослідній лабораторній установці також задіяні електронні ваги «Центровес» (на схемі не показано – рис.3.7).

3.3.2. Порядок виконання досліджень

Лабораторні дослідження виконували у два етапи: без впливу та з впливом вітру на результати розподілу. На першому етапі (без впливу вітру) визначали оптимальні параметри розкидача, на другому – перевіряли адекватність розробленої математичної моделі.

Особливість досліджень полягала в кількості повторів, як це вимагають ОСТ 70.7.1-74 «Машины для внесения минеральных удобрений, известковых материалов и гипса. Программа и методы испытаний» та ОСТ 70.2.15-73, ОСТ 70.4.2.-80 «Испытание сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний» [75, 76]. Це потребувало постійного контролю механіко-технологічних властивостей добрива і особливо гранулометричного складу. У разі відхилень – параметри вихідного матеріалу корегували додаванням гранул певного гранулометричного діапазону.

У всіх експериментах використовували однакову масу технологічного матеріалу – 5 кг.

Перед початком експерименту лотки, з встановленими пробовідбірниками, розміщали на поверхні в такий спосіб, щоб максимально

перекрити ширину захвату. Бункер 1 заповнювали технологічним матеріалом (рис.3.5). За допомогою попередньо відградуйованого тиристорного регулятора встановлювали необхідну частоту обертання і лабораторну установку приводили в дію до повної витрати технологічного матеріалу. По закінченні експерименту пробовідбірники 9 виймали з лотка, фіксували координати їх положення відносно осі диска і зважували.



Рис.3.8. Зовнішній вид механізму приводу диска

Дію вітру моделювали шляхом встановлення лопатевого вентилятора. Оскільки параметри розподілу без дії вітру нами були попередньо покоординатно встановлені, у дослідах використовували тільки один лоток. Швидкість і напрямок повітряного потоку регулювали зміною положення вентилятора 3 відносно лотка 2 (рис.3.9). Швидкість потоку заміряли анемометром 4.

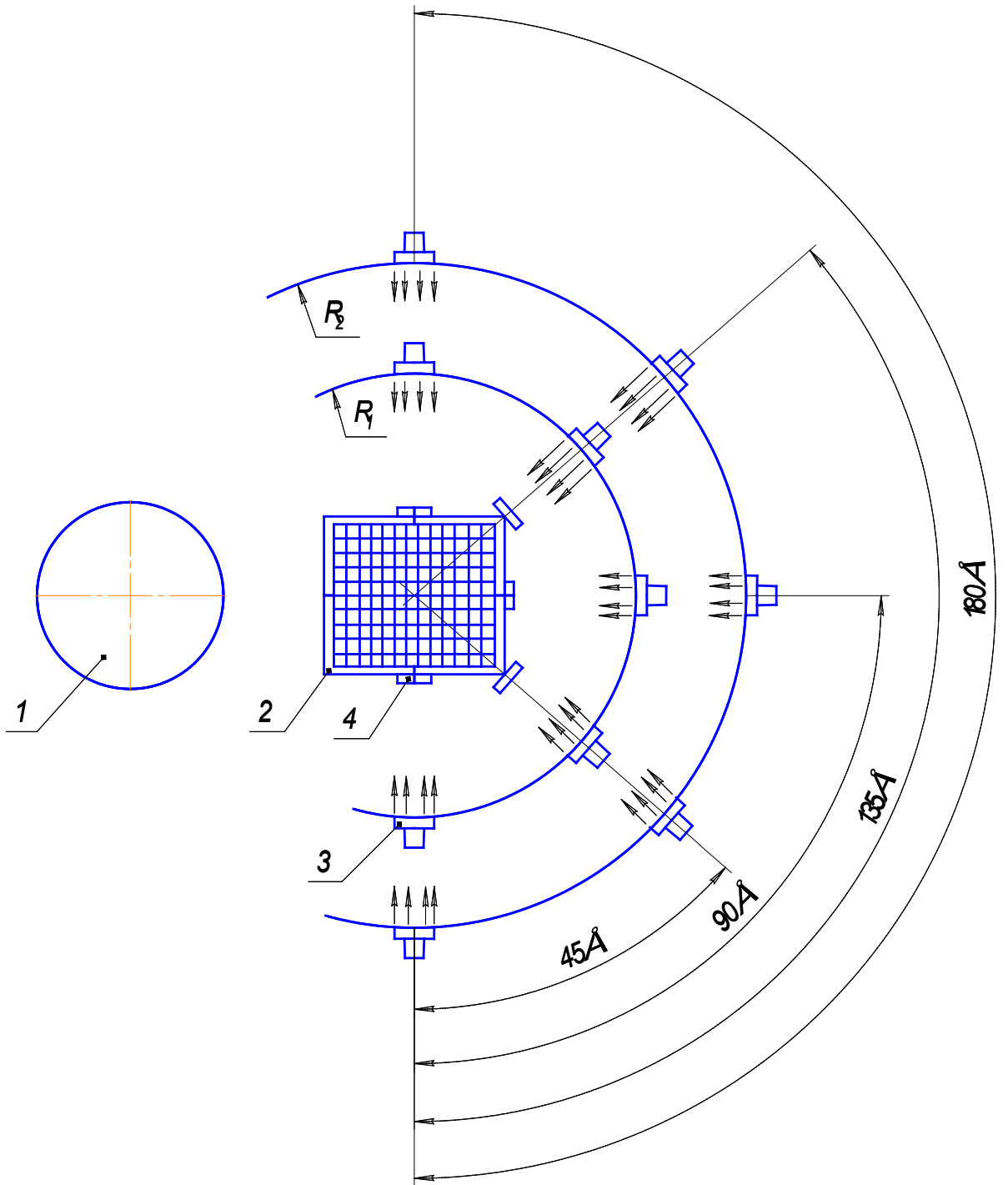


Рис. 3.9. Схема досліджень дії повітряного потоку:

- 1 – диск розкидача; 2 – лоток з пробовідбірниками; 3 – вентилятор;
4 – анемометр

3.3.3. Методика статистичної обробки результатів досліджень

Після проведення кожного етапу експерименту гранули в кожному пробовідбірнику зважували і знаходили середнє

$$X_{CP} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{I=1}^n X_I,$$

де X_I – маса гранул, взятих в окремому пробовідбірнику;

n – кількість пробовідбірників.

Знаходили середнє квадратичне відхилення

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{I=1}^n (X_I - X_{CP})^2}.$$

Розраховували коефіцієнт варіації v , який тотожно дорівнює нерівномірності внесення P у відсотковому представленні

$$v = \frac{\sigma}{X_{CP}};$$

$$P = 100 \cdot v,$$

де P – нерівномірність внесення, %.

3.4. Польові випробування

Польові випробування виконували з використанням серійних машин МВД-900 та МВУ-0,5, Garmet-500, оснащених дисками, запропонованої нами конструкції (рис. 3.13). Габарити диска, його елементи кріплення та приводу повністю відповідали серійному зразку диска. Єдиною відмінністю було встановлення на валу спеціального перехідника, що надавало можливості змінювати висоту положення диска над рівнем ґрунту.

Забезпечення стикового перекриття здійснювалось за допомогою GPS навігатора (рис. 3.10).



Рис. 3.10. Забезпечення стикового перекриття за допомогою навігатора

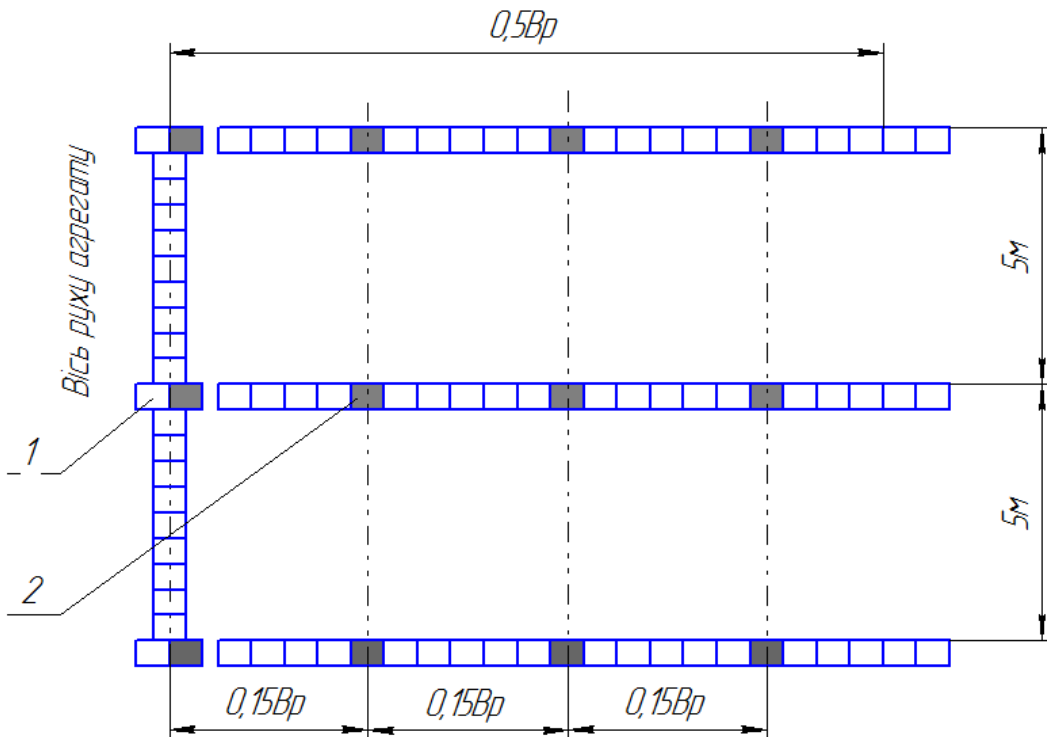


Рис. 3.11. Схема розміщення лотків для визначення рівномірності внесення добрива: 1 – лотки без пробовідбірників; 2 – лотки з пробовідбірниками

Для оцінки рівномірності поверхневого розподілу гранул на полі були розташовані лотки (рис. 3.12), аналогічні тим, що використовувалися в

лабораторних дослідах. Лотки встановлювали на рівну ділянку плантації щільно один до одного. По лінії проходу коліс лотків не розміщували (рис. 3.11).



Рис. 3.12. Розміщення лотків по полю для визначення рівномірності внесення добрив

Для уточнення параметрів розподілу в окремі лотки були встановлені пробовідбірники, що дозволяло оцінювати параметри поперечного розподілу в більш вузькому діапазоні (рис. 3.11). Суть експерименту полягала в тому, що агрегат в робочому стані проходив послідовно три рядки лотків; добрива з рядків збирали в окрему тару, координати лотка відносно осі проходу агрегату занотовували і взяті проба зважували. У подальшому обробку отриманих результатів виконували за методикою, викладеною в п.3.3.3.



Рис. 3.13. Підготовка до роботи розкидача мінеральних добрив МВУ-0,5 із запропонованим диском

Для проведення експерименту нами були внесені деякі зміни – збільшено простір між кінцевим редуктором та бункером розкидача за допомогою викруток та двох гумових проставок на самому корпусі бункера та замінено вал – використано довший на 9 см.

Висновки по розділу

1. Прийнята програма досліджень дозволяє в повному обсязі визначити параметри, необхідні для оцінки адекватності запропонованої математичної моделі.
2. Розроблені методики мають відмінності від загальновідомих. Використання їх, як показали проведені експерименти, є виправданим.

Методики забезпечують отримання дослідних параметрів з обумовленою точністю $\pm 10\%$.

3. Запропонована методика визначення допустимої швидкості удару гранули по металевій поверхні, у тому числі і з урахуванням вологості гранул. Проведені дослідження показали доцільність використання такої методики.

4. Застосована схема покоординатного збору розсіяних добрив дозволяє підвищити точність проведення експериментів порівняно з відомими.

5. Методика досліджень впливу повітряного потоку дозволяє визначити вплив швидкості вітру в турбулентному режимі, максимально наближеному до реальних умов роботи машини для внесення мінеральних добрив.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ТА АНАЛІЗ ЛАБОРАТОРНИХ І ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Механіко-технологічні властивості використаних в експерименті добрив

Лабораторні та польові дослідження проводили з використанням найбільш розповсюджених гранульованих добрив, а саме: аміачної селітри, суперфосфату, суміші *НРК*. Враховуючи великий вплив механіко-технологічних властивостей задіяних в експерименті матеріалів на кінцевий розподіл по поверхні ґрунту, перед початком робіт визначали їхні основні властивості у відповідно до методик, наведених в третьому розділі. Результати представлені в табл. 4.1 та 4.2.

Таблиця 4.1. Фізико-механічні властивості використаних в експерименті
добрив

Вид добрива	Вологість, %	Об'ємна маса, т/м ³	Кут тертя, град		Максимально допустима швидкість удару по металевій поверхні, м/с
			по металу	внутрішній	
Аміачна селітра	1,5–2,1	0,79–0,83	31–35	39–43	10,2
Суперфосфат	4,4–4,9	1,13–1,19	26–34	31–35	11,3
Суміш органо- мінеральна	5,8–6,7	1,03–1,12	30–35	40–44	9,7

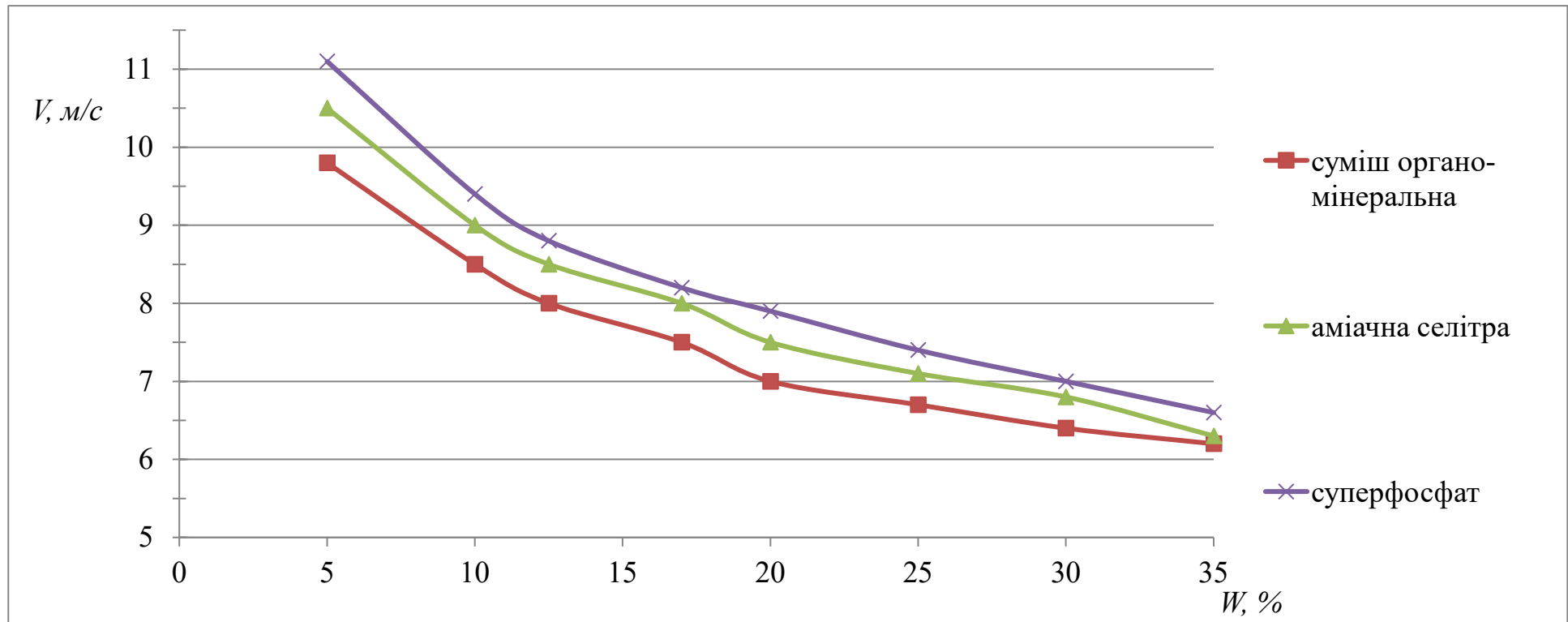


Рис. 4.1. Залежність максимально допустимої швидкості удару по металевій поверхні від вологості гранул

Таблиця 4.2. Гранулометричний склад та аеродинамічні властивості використаних в експерименті добрив

Вид добрива	Гранулометричний склад, % за масою						Виміряна критична швидкість, м/с			Розрахований коефіцієнт парусності		
	Розмір фракції, мм											
	> 5	5-4	4-3	3-2	2-1	< 1,0	1-2	2-3	3-5	1-2	2-3	3-5
Аміачна селітра	1,5	12,3	39,7	24,9	21,4	0,2	7,9	9,4	11,0	0,157	0,111	0,081
Суперфосфат	0,7	2,6	22,8	49,9	20,6	3,4	8,2	9,9	11,6	0,146	0,100	0,073
Суміш органо-мінеральна	2,3	38,4	31,0	21,9	5,3	1,1	7,8	9,6	12,3	0,161	0,106	0,064

Коефіцієнт структурності по видах добрив:

- аміачна селітра – 0,983
- суперфосфат – 0,959
- суміш органо-мінеральна – 0,966

4.2. Лабораторні дослідження впливу конструктивних параметрів диску та повітряного потоку на якість розподілу добрив по поверхні

Виконані аналітичні дослідження запропонованого нами розкидача показують, що найбільший вплив на якісні показники розподілу гранул по поверхні мають такі параметри:

- частота обертання n диска, об/хв;
- кути $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ постановки напрямних потоку, град (рис.2.13);
- кути $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ нахилу лопатей, відповідно довгої, середньої та найменшої до площини обертання диска, град.

Вплив кутів $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ на якість внесення мінеральних добрив значний, проте вони не будуть занадто відрізнятися один від одного. Таким чином, ми маємо 5 значущих параметрів, що вельми ускладнює проведення багатофакторного експерименту. Тому було прийнято рішення розбити експеримент на два етапи:

- на першому – прийняти кут γ однаковим для всіх трьох напрямних лопаток, що дає змогу експеримент зробити трифакторним і знайти оптимальні значення n, α ;
- на другому етапі, прийнявши оптимальні значення n та α , провести експеримент з визначення оптимальних значень кута γ для кожної напрямної окремо.

4.2.1. Кути постановки напрямних ребер на лопатях приймаємо однаковими

Кількість найбільш значущих конструктивних параметрів дорівнює трьом. Тому для досліджень нами прийнятий симетричний трифакторний експеримент плану $3 \times 3 \times 3$. Рівні варіювання факторів обрані на підставі аналізу попередньо проведених експериментів.

Відповідно до плану рівні варіювання факторів представлені в табл.4.3.

Таблиця 4.3. Рівні варіювання факторів першого етапу досліджень

Фактор	Код	Рівні факторів		
		-1	0	+1
Частота обертання диска n , об/хв	X_1	490	540	590
Кут нахилу лопатей до площини обертання диска α , град	X_2	11	13	15
Кут постановки ребер, що направляють потік γ , град	X_3	90	100	110

Рівні варіювання факторів обрані виходячи з таких міркувань:

1) частота обертання диска – на підставі даних аналізу кінематичних режимів роботи найбільш поширених конструкцій відомих виробників – перекриває діапазон більшості машин;

2) напрямні спрямовують потік добрив і принциповим є питання під негативним чи позитивним кутом до напрямку вектора колової швидкості:

$\gamma = 80^\circ$ – кут позитивний

$\gamma = 90^\circ$ – співпадає з напрямком вектора колової швидкості

$\gamma = 100^\circ$ – кут негативний

3) кут α повинен забезпечити рознесення потоків після сходу з напрямних у просторі. Він був взятий з розрахунків розділу 2.1 для першої напрямної потоку.

Таблиця 4.4. Матриця експерименту першого етапу досліджень

№ досліду	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1^2	X_3^2	X_3^2	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	Нерівномірність внесення, %		Нев'язка	
											Факт.	Розрах.		
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	20,17	20,02	0,15	
2	+1	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	0	0	15,70	15,49	0,21	
3	+1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	17,29	17,06	0,23	
4	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	0	+1	0	18,53	18,61	0,08	
5	+1	+1	0	0	+1	0	0	0	0	0	17,46	17,33	0,13	
6	+1	+1	0	-1	+1	0	+1	0	-1	0	16,19	16,27	0,08	
7	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	18,72	18,36	0,36	
8	+1	+1	-1	0	+1	+1	0	-1	0	0	17,17	17,39	0,22	
9	+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	16,24	16,64	0,4	
10	+1	0	+1	+1	0	+1	+1	0	0	+1	18,03	18,82	0,79	
11	+1	0	+1	0	0	+1	0	0	0	0	17,19	17,45	0,26	
12	+1	0	+1	-1	0	+1	+1	0	0	-1	16,56	16,30	0,26	
13	+1	0	0	+1	0	0	+1	0	0	0	17,34	17,39	0,05	
14	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,21	16,33	0,12	
15	+1	0	0	-1	0	0	+1	0	0	0	18,33	14,43	3,9	
16	+1	0	-1	+1	0	+1	+1	0	0	-1	17,32	17,12	0,2	
17	+1	0	-1	0	0	+1	0	0	0	0	16,66	16,37	0,29	
18	+1	0	-1	-1	0	+1	+1	0	0	+1	16,08	15,84	0,24	
19	+1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	19,02	18,48	0,54	
20	+1	-1	+1	0	+1	+1	0	-1	0	0	17,50	17,33	0,17	
21	+1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	16,00	16,40	0,4	
22	+1	-1	0	+1	+1	0	+1	0	-1	0	17,21	17,03	0,18	
23	+1	-1	0	0	+1	0	0	0	0	0	16,43	16,19	0,24	
24	+1	-1	0	-1	+1	0	+1	0	+1	0	15,11	15,57	0,46	
25	+1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	16,22	16,74	0,52	
26	+1	-1	-1	0	+1	+1	0	+1	0	0	16,11	16,21	0,1	
27	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	16,23	15,90	0,33	
	$0Y = + 461,02$	$1Y = + 10,27$	$2Y = + 9,64$	$3Y = + 17,16$	$Y11 = + 309,93$	$Y22 = + 310,81$	$Y33 = + 307,96$	$Y12 = - 0,30$	$Y13 = + 2,59$	$Y23 = + 3,66$				

Рівняння регресії у загальному вигляді:

$$S = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \sum_{i \neq j} b_{ij} x_i x_j$$

Для визначення коефіцієнтів рівняння скористаємося методикою [19].

Значення постійних для розрахунку коефіцієнтів регресії:

$$A_0 = 0,25926;$$

$$A_{01} = A_{02} = A_{03} = 0,11111;$$

$$A_1 = A_2 = A_3 = 0,05556;$$

$$A_{11} = A_{22} = A_{33} = 0,16667;$$

$$A_{12} = A_{13} = A_{23} = 0,08333.$$

Коефіцієнти рівняння регресії

$$\begin{aligned} b_0 &= A_0(OY) - A_{01}(11Y) - A_{02}(22Y) - A_{03}(33Y) = \\ &= 0,25926 \cdot 461,02 - 0,11111 \cdot (309,93 + 310,81 + 307,96) = 16,33. \end{aligned}$$

$$b_1 = A_1(1Y) = 0,05556 \cdot 10,27 = 0,57$$

$$b_2 = A_2(2Y) = 0,05556 \cdot 9,64 = 0,54$$

$$b_3 = A_3(3Y) = 0,05556 \cdot 17,16 = 0,95$$

$$b_{12} = A_{12}(12Y) = 0,08333 \cdot (-0,30) = -0,02$$

$$b_{13} = A_{13}(13Y) = 0,08333 \cdot 2,59 = 0,22$$

$$b_{23} = A_{23}(23Y) = 0,08333 \cdot 3,66 = 0,31$$

$$b_{11} = A_{11}(11Y) - A_{01}(0Y) = 0,16667 \cdot 309,93 - 0,11111 \cdot 461,02 = 0,43$$

$$b_{22} = A_{22}(22Y) - A_{02}(0Y) = 0,16667 \cdot 310,81 - 0,11111 \cdot 461,02 = 0,58$$

$$b_{33} = A_{33}(33Y) - A_{03}(0Y) = 0,16667 \cdot 307,96 - 0,11111 \cdot 461,02 = 0,11.$$

У результаті обробки експериментальних даних отримана модель:

$$\begin{aligned} P = & 16,33 + 0,57X_1 + 0,54X_2 + 0,95X_3 + 0,43X_1^2 + 0,58X_2^2 + 0,11X_3^2 - \\ & - 0,02X_1X_2 + 0,22X_1X_3 + 0,31X_2X_3, \end{aligned}$$

де P – нерівномірність розподілу гранул.

Матриця включає всі можливі варіанти конструктивного виконання диска. Відповідно до матриці виконані експерименти та отримані значення нерівномірності зі загальновідомими методиками [19, 57].

Отримано рівняння регресії та обчислені значення нерівномірності внесення мінеральних добрив. Необхідно його перевірити на сходження. Для цього обираємо критерій Фішера:

$$F_{екс} < F \qquad F=1,82.$$

Умови критерію виконуються, оскільки $F_{екс} = 1,066079$, тобто $1,066079 < 1,82$.

Дослідимо поведінку отриманої залежності за відсутності впливу одного з факторів:

$$X_1 = 0$$

$$P = 16,33 + 0,54X_2 + 0,95X_3 + 0,58X_2^2 + 0,11X_3^2 + 0,31X_2X_3$$

$$P_{(MIN)} = 15,84$$

$$P_{(MAX)} = 18,82.$$

$$X_2 = 0$$

$$P = 16,33 + 0,57X_1 + 0,95X_3 + 0,43X_1^2 + 0,11X_3^2 + 0,22X_1X_3$$

$$P_{(MIN)} = 15,57$$

$$P_{(MAX)} = 18,61.$$

$$X_3 = 0$$

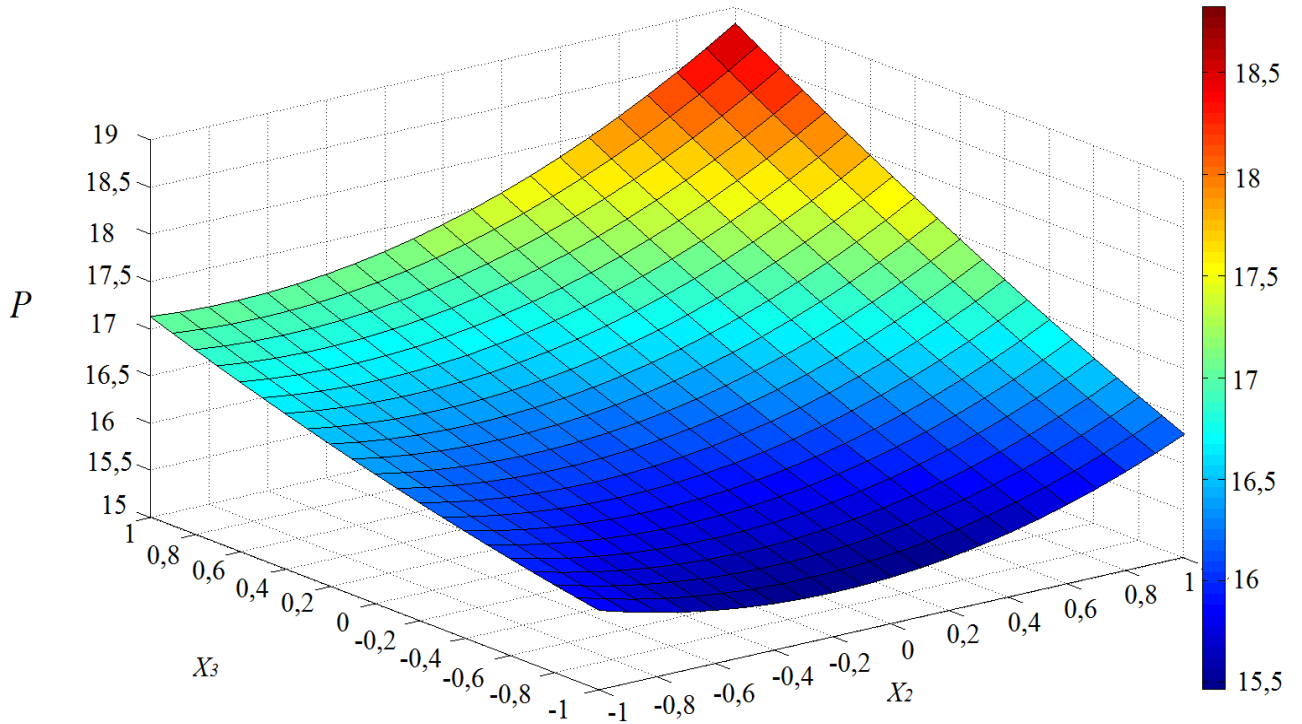
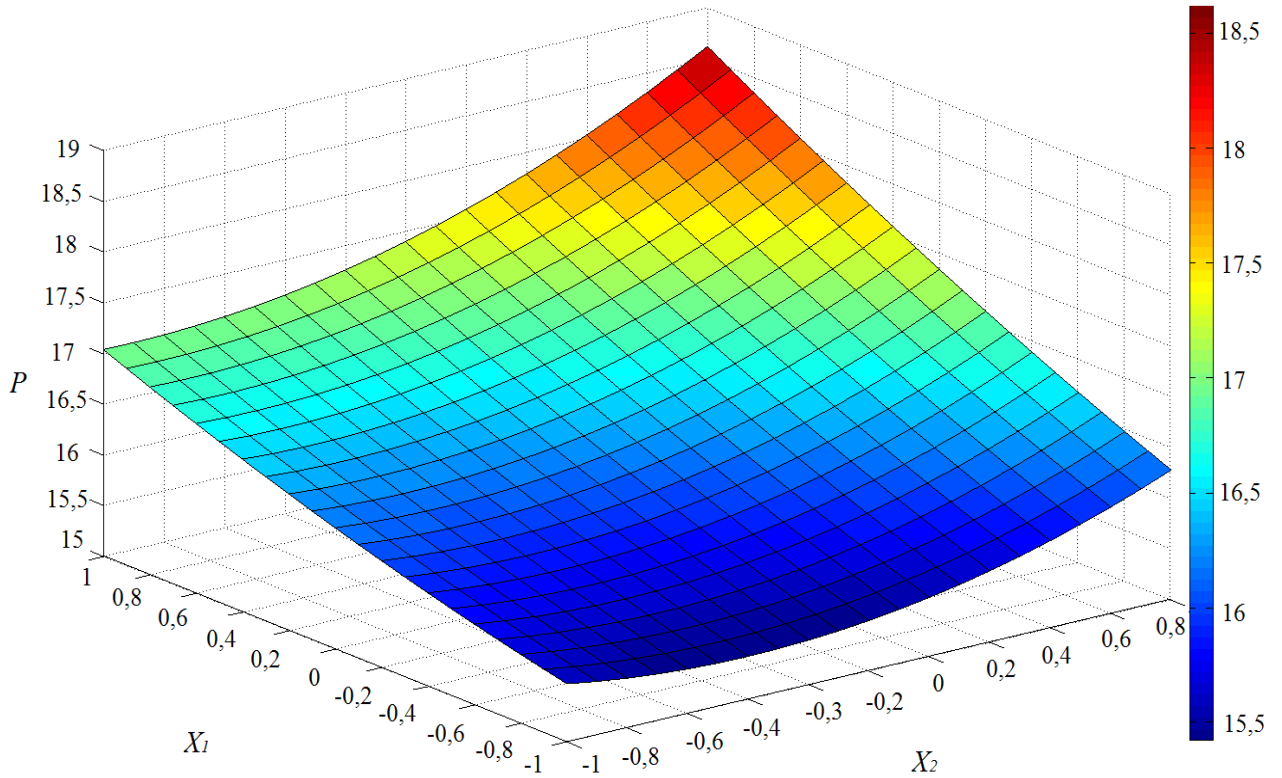
$$P = 16,33 + 0,57X_1 + 0,54X_2 + 0,43X_1^2 + 0,58X_2^2 - 0,02X_1X_2$$

$$P_{(MIN)} = 16,21$$

$$P_{(MAX)} = 18,43.$$

Таблиця 4.5. Розрахункові дані критерію Фішера першого етапу досліджень

№ досліду	Нерівномірність внесення, %			№ досліду	Нерівномірність внесення, %			$F_{\text{факт}} = X_{\text{теор}} / X_{\text{факт}}^2$
	P	$P_{\text{ср}}$	$X^2_{\text{факт}}$		P	$P_{\text{ср}}$	$X^2_{\text{теор}}$	
	фактична				розрахункова			
1	20,17	17,0748	0,01314	1	20,02	16,928	0,01311	0,9976
2	15,7	17,0748	0,00259	2	15,49	16,928	0,00283	1,0948
3	17,29	17,0748	0,00006	3	17,06	16,928	0,00002	0,3733
4	18,53	17,0748	0,00290	4	18,61	16,928	0,00387	1,3352
5	17,46	17,0748	0,00020	5	17,33	16,928	0,00022	1,0863
6	16,19	17,0748	0,00107	6	16,27	16,928	0,00059	0,5539
7	18,72	17,0748	0,00371	7	18,36	16,928	0,00281	0,7570
8	17,17	17,0748	0,00001	8	17,39	16,928	0,00029	23,505
9	16,24	17,0748	0,00095	9	16,64	16,928	0,00011	0,1194
10	18,03	17,0748	0,00125	10	18,82	16,928	0,00490	3,9212
11	17,19	17,0748	0,00001	11	17,45	16,928	0,00037	20,496
12	16,56	17,0748	0,00036	12	16,3	16,928	0,00054	1,4905
13	17,34	17,0748	0,00009	13	17,39	16,928	0,00029	3,0283
14	16,21	17,0748	0,00102	14	16,33	16,928	0,00049	0,4789
15	18,33	17,0748	0,00216	15	14,43	16,928	0,00856	3,9623
16	17,32	17,0748	0,00008	16	17,12	16,928	0,00005	0,6098
17	16,66	17,0748	0,00023	17	16,37	16,928	0,00042	1,8128
18	16,08	17,0748	0,00135	18	15,84	16,928	0,00162	1,1972
19	19,02	17,0748	0,00519	19	18,48	16,928	0,00330	0,6361
20	17,50	17,0748	0,00024	20	17,33	16,928	0,00022	0,8916
21	16,00	17,0748	0,00158	21	16,4	16,928	0,00038	0,2417
22	17,21	17,0748	0,00002	22	17,03	16,928	0,00001	0,5635
23	16,43	17,0748	0,00057	23	16,19	16,928	0,00074	1,3117
24	15,11	17,0748	0,00529	24	15,57	16,928	0,00253	0,4780
25	16,22	17,0748	0,00100	25	16,74	16,928	0,00004	0,0486
26	16,11	17,0748	0,00127	26	16,21	16,928	0,00070	0,5546
27	16,23	17,0748	0,00097	27	15,9	16,928	0,00145	1,4821

Рис.4.2. Поверхня відгуку при $X_1 = 0$ Рис.4.3. Поверхня відгуку при $X_3 = 0$

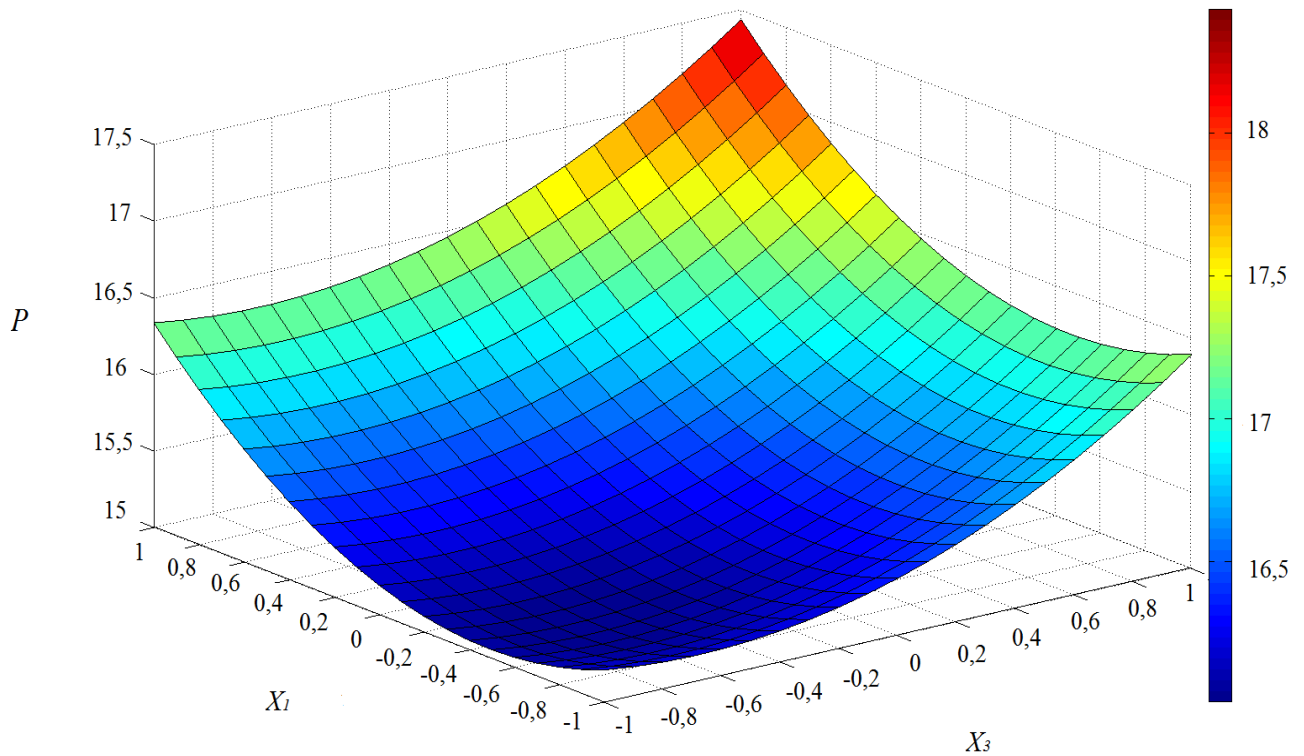


Рис.4.4. Поверхня відгуку при $X_2 = 0$

Аналіз рівняння регресії показує, що абсолютний мінімум відповідає значенням: $X_1 = 0$; $X_2 = 0$; $X_3 = -1$, що відповідає значенням:

- частота обертання диска n – 540 об/хв;
- кут α нахилу лопаток до площини обертання диска – 13° ;
- кут γ постановки ребер, направляючих потік – 90° .

4.2.2. Вплив кутів постановки ребер, що направляють потік

У наступному етапі досліджуємо вплив на якісні показники розподілу кута γ постановки ребер, що направляють потік. Рівні варіювання факторів представлені в табл.4.6, матриця експерименту – табл.4.7.

Таблиця 4.6. Рівні варіювання факторів другого етапу досліджень

Фактор	Код	Рівні факторів		
		-1	0	+1
γ_1 , град	X_1	70	90	110
γ_2 , град	X_2	75	90	105
γ_3 , град	X_3	80	90	100

У результаті обробки експериментальних даних, виконаних за схемою, аналогічною схемі до першого етапу, отримана модель

$$P = 15,70 - 0,29X_1 + 1,12X_2 + 0,94X_3 - 0,21X_1^2 + 0,19X_2^2 - 0,18X_1X_2 + 0,14X_1X_3 + 0,13X_2X_3.$$

Це рівняння, подібно як і для першого випадку, необхідно перевірити на сходження. Для цього обираємо критерій Фішера.

$$F_{екс} < F \quad F=1,82$$

Критерій виконується і $F_{екс}=1,317885338$

Кута γ_1 є найвпливовішим. Це пояснюється тим, що саме на першу напрямну подається найбільший потік гранул добрив.

Таблиця 4.7. Матриця експерименту другого етапу досліджень

№ досліду	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1^2	X_3^2	X_3^2	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	Нерівномірність внесення, %		Нев'язка
											факт	розрах	
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	17,03	17,54	0,51
2	+1	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	0	0	17,86	16,33	1,53
3	+1	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	16,00	15,12	0,88
4	+1	+1	0	+1	+1	0	+1	0	+1	0	16,03	16,28	0,25
5	+1	+1	0	0	+1	0	0	0	0	0	15,86	15,20	0,66
6	+1	+1	0	-1	+1	0	+1	0	-1	0	13,89	14,12	0,23
7	+1	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	15,75	15,40	0,35
8	+1	+1	-1	0	+1	+1	0	-1	0	0	14,96	14,45	0,51
9	+1	+1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	14,88	13,50	1,38
10	+1	0	+1	+1	0	+1	+1	0	0	+1	18,31	18,08	0,23
11	+1	0	+1	0	0	+1	0	0	0	0	17,29	17,01	0,28
12	+1	0	+1	-1	0	+1	+1	0	0	-1	15,01	15,94	0,93
13	+1	0	0	+1	0	0	+1	0	0	0	15,99	16,64	0,65
14	+1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,10	14,00	0,1
15	+1	0	0	-1	0	0	+1	0	0	0	14,15	14,76	0,61
16	+1	0	-1	+1	0	+1	+1	0	0	-1	15,01	15,58	0,57
17	+1	0	-1	0	0	+1	0	0	0	0	15,09	14,77	0,32
18	+1	0	-1	-1	0	+1	+1	0	0	+1	14,21	13,96	0,25
19	+1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	+1	18,63	18,20	0,43
20	+1	-1	+1	0	+1	+1	0	-1	0	0	17,51	17,27	0,24
21	+1	-1	+1	-1	+1	+1	+1	-1	+1	-1	15,96	16,34	0,38
22	+1	-1	0	+1	+1	0	+1	0	-1	0	15,99	16,58	0,59
23	+1	-1	0	0	+1	0	0	0	0	0	16,88	15,78	1,1
24	+1	-1	0	-1	+1	0	+1	0	+1	0	15,11	14,98	0,13
25	+1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	-1	-1	15,54	15,34	0,2
26	+1	-1	-1	0	+1	+1	0	+1	0	0	15,00	14,67	0,33
27	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	15,65	15,70	0,05

Таблиця 4.8. Розрахункові дані критерію Фішера другого етапу досліджень

№ дослідю	Нерівномірність внесення, %			$F_{\text{екс}} = X_{\text{теор}} / X_{\text{факт}}$	№ дослідю	Нерівномірність внесення, %		
	P	$P_{\text{ср}}$	$X^2_{\text{факт}}$			P	$P_{\text{ср}}$	$X^2_{\text{теор}}$
	факт					розрах		
1	17,0300	15,1811	0,0047	0,9952	1	17,54	15,6867	0,0047
2	17,8600	15,1811	0,0098	17,3451	2	16,33	15,6868	0,0006
3	16,0000	15,1811	0,0009	2,0876	3	15,12	15,6868	0,0004
4	16,0300	15,1811	0,0010	2,0477	4	16,28	15,6868	0,0005
5	15,8600	15,1811	0,0006	1,9451	5	15,2	15,6868	0,0003
6	13,8900	15,1811	0,0023	0,6791	6	14,12	15,6868	0,0034
7	15,7500	15,1811	0,0004	3,9354	7	15,4	15,6868	0,0001
8	14,9600	15,1811	0,0001	0,0320	8	14,45	15,6868	0,0021
9	14,8800	15,1811	0,0001	0,0190	9	13,5	15,6868	0,0066
10	18,3100	15,1811	0,0134	1,7093	10	18,08	15,6868	0,0079
11	17,2900	15,1811	0,0061	2,5400	11	17,01	15,6868	0,0024
12	15,0100	15,1811	0,0000	0,4566	12	15,94	15,6868	0,0001
13	15,9900	15,1811	0,0009	0,7201	13	16,64	15,6868	0,0012
14	14,1600	15,1811	0,0014	0,3665	14	14	15,6868	0,0039
15	14,1500	15,1811	0,0015	1,2378	15	14,76	15,6868	0,0012
16	15,0100	15,1811	0,0000	2,5683	16	15,58	15,6868	0,0000
17	15,0900	15,1811	0,0000	0,0099	17	14,77	15,6868	0,0012
18	14,2100	15,1811	0,0013	0,3163	18	13,96	15,6868	0,0041
19	18,6300	15,1811	0,0163	1,8832	19	18,2	15,6868	0,0087
20	17,5100	15,1811	0,0074	2,1638	20	17,27	15,6868	0,0034
21	15,9600	15,1811	0,0008	1,4217	21	16,34	15,6868	0,0006
22	15,9900	15,1811	0,0009	0,8201	22	16,58	15,6868	0,0011
23	16,8800	15,1811	0,0040	332,062	23	15,78	15,6868	0,0000
24	15,1100	15,1811	0,0000	0,0101	24	14,98	15,6868	0,0007
25	15,5400	15,1811	0,0002	1,0711	25	15,34	15,6868	0,0002
26	15,0000	15,1811	0,0000	0,0317	26	14,67	15,6868	0,0014
27	15,6500	15,1811	0,0003	1256,09	27	15,7	15,6868	0,0000

Дослідимо поведінку отриманої залежності за відсутності впливу одного з факторів.

$$X_1 = 0.$$

$$P = 15,70 + 1,12X_2 + 0,94X_3 + 0,19X_2^2 + 0,13X_2X_3,$$

$$P_{(MIN)} = 13,96$$

$$P_{(MAX)} = 18,08$$

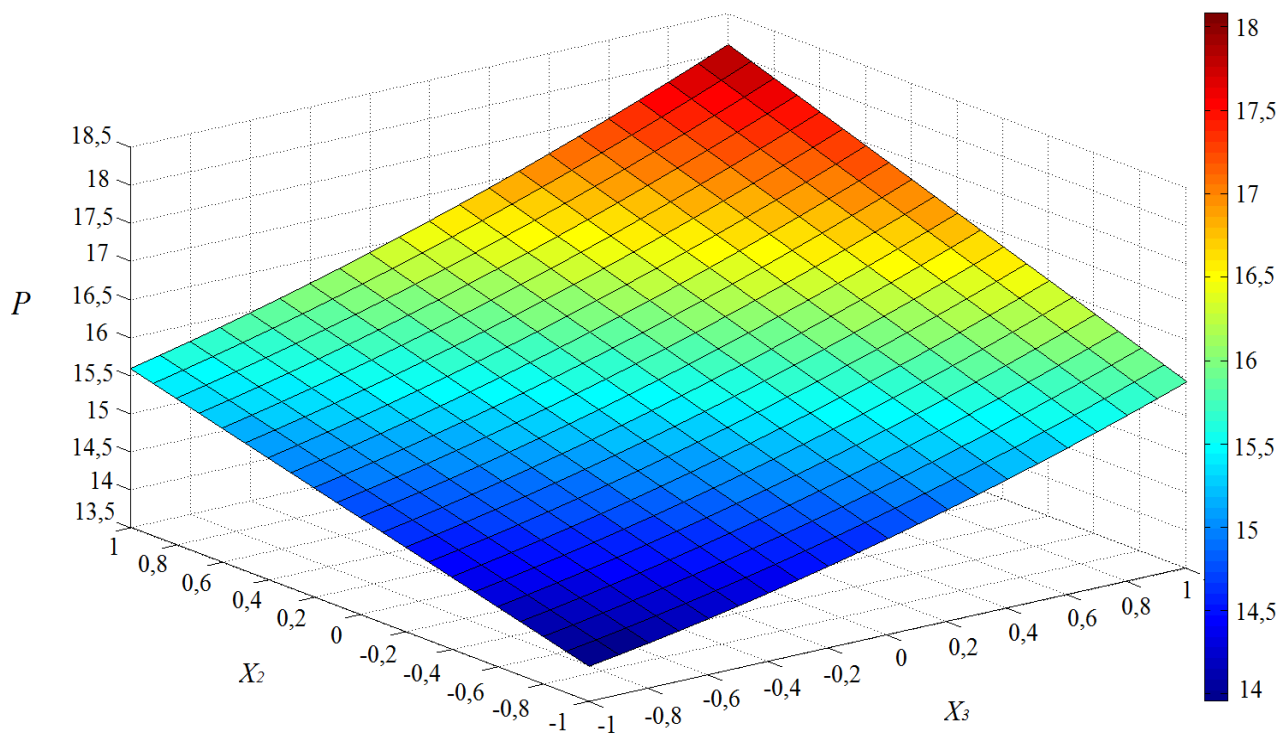


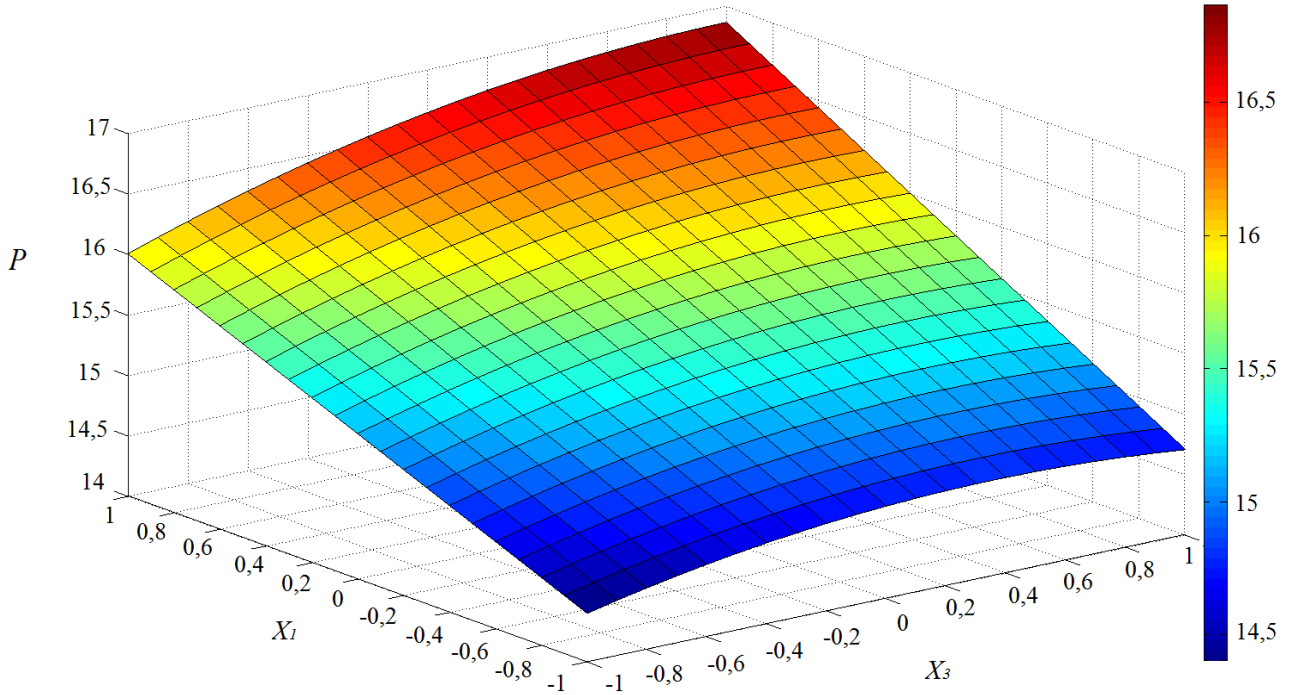
Рис.4.5. Поверхня відгуку при $X_1 = 0$

$$X_2 = 0.$$

$$P = 15,70 - 0,29X_1 + 0,94X_3 - 0,21X_1^2 + 0,14X_1X_3,$$

$$P_{(MIN)} = 14,12$$

$$P_{(MAX)} = 16,58$$

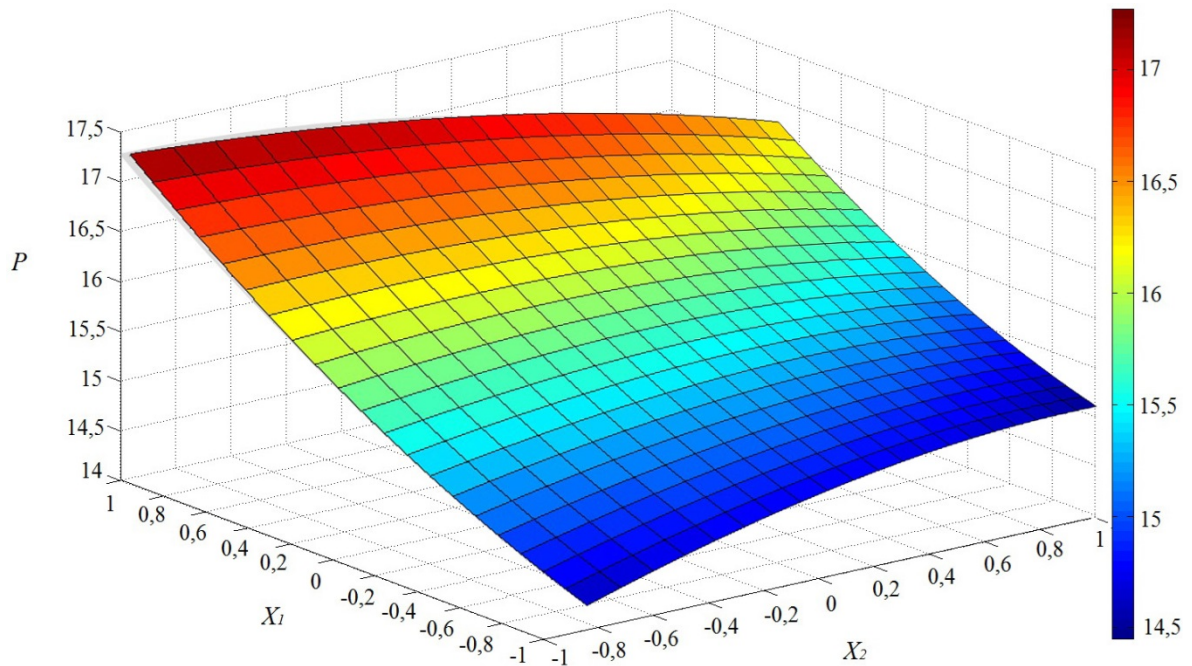
Рис.4.6. Поверхня відгуку при $X_2 = 0$

$$X_3 = 0.$$

$$P = 15,70 - 0,29X_1 + 1,12X_2 - 0,21X_1^2 + 0,19X_2^2 - 0,18X_1X_2,$$

$$P_{(MIN)} = 14,45$$

$$P_{(MAX)} = 17,27$$

Рис.4.7. Поверхня відгуку при $X_3 = 0$

Аналіз рівняння регресії показує, що абсолютний мінімум відповідає значенням: $X_1 = X_2 = X_3 = 0$, а це адекватно даним:

$$\gamma_1 = 90^\circ ; \gamma_2 = 90^\circ ; \gamma_3 = 90^\circ .$$

4.2.3. Вплив повітряного потоку на розподіл гранул

Дослідження виконані відповідно до п. 3.3.2, обробка результатів – до п.3.3.3. Отримані результати представлені у вигляді графіків (рис. 4.8). Дослідження проводились на швидкостях повітряного потоку до 2,0 м/с. На більших швидкостях нерівномірність різко зростає і виходить за межі агротехнічної допустимої.

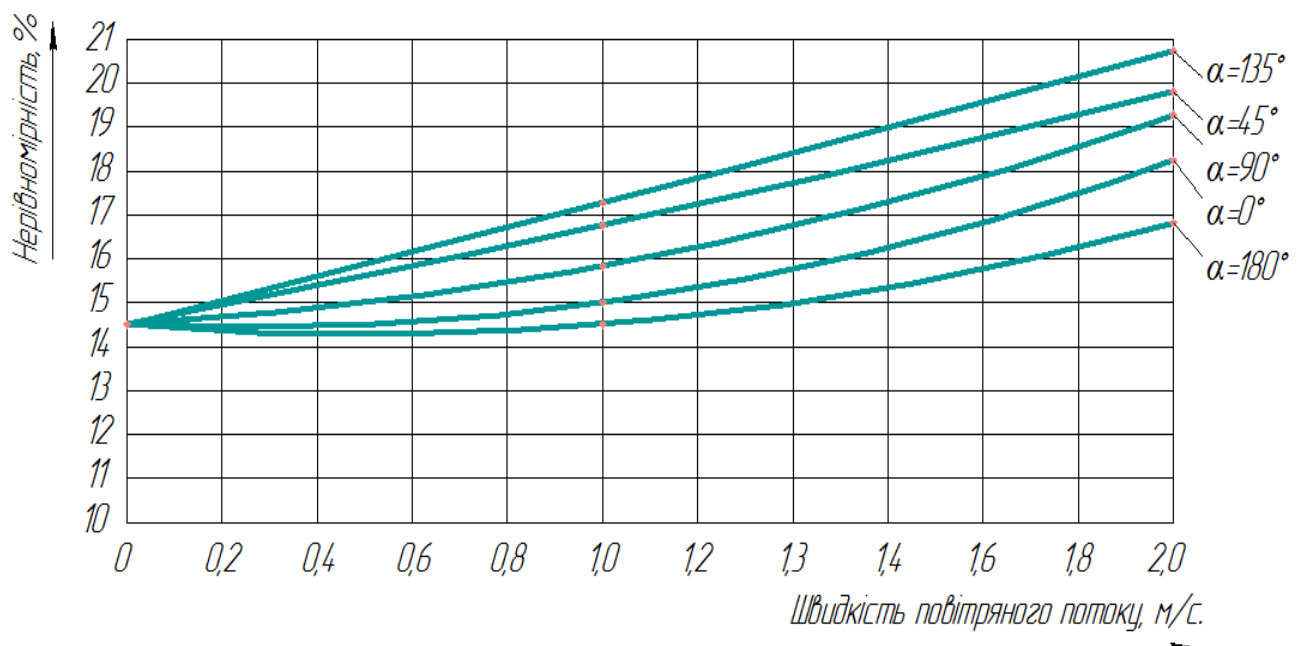


Рис. 4.8. Вплив швидкості повітряного потоку на нерівномірність розподілу гранул

Аналіз наведених графіків свідчить про те, що повітряний потік негативно впливає на рівномірність. Напрямок дії потоку теж є значимим фактором. Так, найменша дія спостерігається при напрямку вітру перпендикулярному до руху агрегату, в основному за рахунок зменшення отриманих доз крайніми лотками.

Найбільша дія – під кутами 45 та 135°. Проте значення рівня нерівномірності за наявності повітряного потоку в цілому знаходиться в межах агротехнічних вимог.

4.3. Результати польових випробувань

Польові випробування проводили на полях господарств ТОВ «Чемпіон» Павлоградського району, ССТ «Діброва» Широківського та ФГ «Ларіни» Солонянського району Дніпропетровської області. У випробуваннях використовували машини МВД-900, МВУ-0,5 та Garmet-500, із використанням як дослідних, так і серійних дисків. Окремо, для порівняння, була задіяна машина ROTAFLOW RS-M (Голландія).

Характеристика умов випробувань:

- загальна площа ділянки 1 га;
- рельєф поля рівний;
- мікрорельєф відсутній;
- нахил місцевості в межах 2 %;
- тип добрива – суперфосфат з параметрами, наведеними в розділі 4.1;
- наявність вітру – до 2 м/с у зустрічному напрямку по відношенню до

машинно-тракторного агрегату.

Результати представлені нами у вигляді графіків (рис. 4.9).

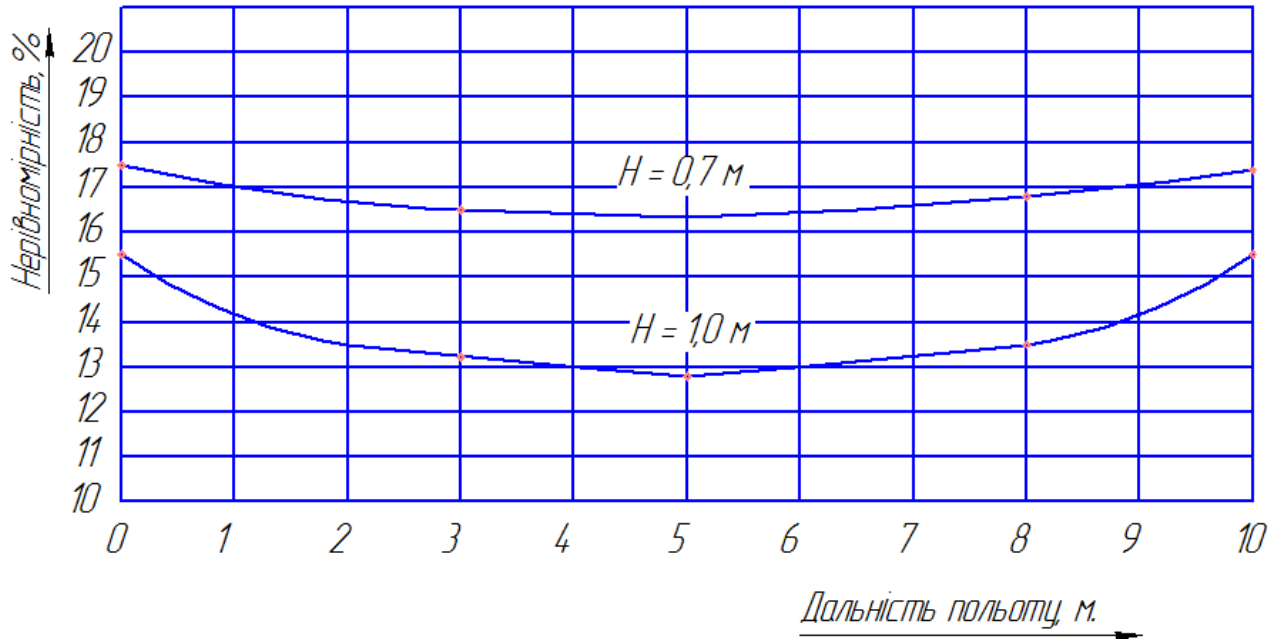


Рис. 4.9. Нерівномірність розподілу гранул із застосуванням машини МВД-900 залежно від висоти розташування експериментального диска над рівнем ґрунту



Рис. 4.10. Робота машини МВД-900 з розробленим відцентровим робочим органом

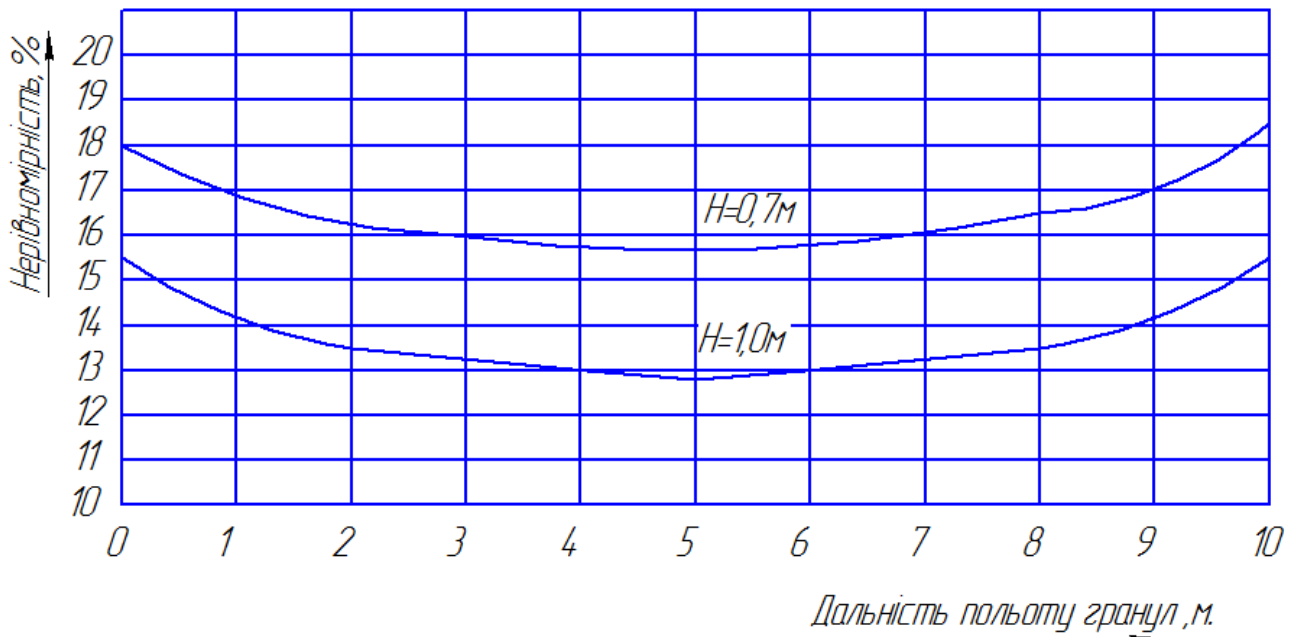


Рис.4.11. Нерівномірність розподілу гранул із застосуванням машини МВУ-0,5 і використанням розробленого робочого органа залежно від висоти розташування експериментального диска над рівнем ґрунту

Аналіз отриманих залежностей підтверджує, що нерівномірність розподілу гранул в цілому задовільна. Характерним є те, що зі збільшенням висоти встановлення диска над рівнем ґрунту нерівномірність внесення добрив зменшується. Такий результат обумовлений більш тривалим польотом частки і, як наслідок, більш тривалим розподіленням потоку (рис. 4.9 і 4.11). Детально розглянувши графіки, переконуємося, що менша рівномірність внесення добрив спостерігається в однодискових машинах МВУ-0,5 та Garmet-500. Це пояснюється конструктивними особливостями агрегатів. Добрива потрапляють на оброблювану площу однобічно, що більш виражено у серійних дисків.



Рис. 4.12. Навішування розробленого відцентрового робочого органа на машину МВУ-0,5

Результати розподілу гранул у порівняльному аспекті модернізованою машиною та серійною ROTAFLOW RS-M представлені на рис. 4.13. Експеримент зі серійною машиною ROTAFLOW RS-M (рис.4.14) проводився лише в ФГ «Ларіни».

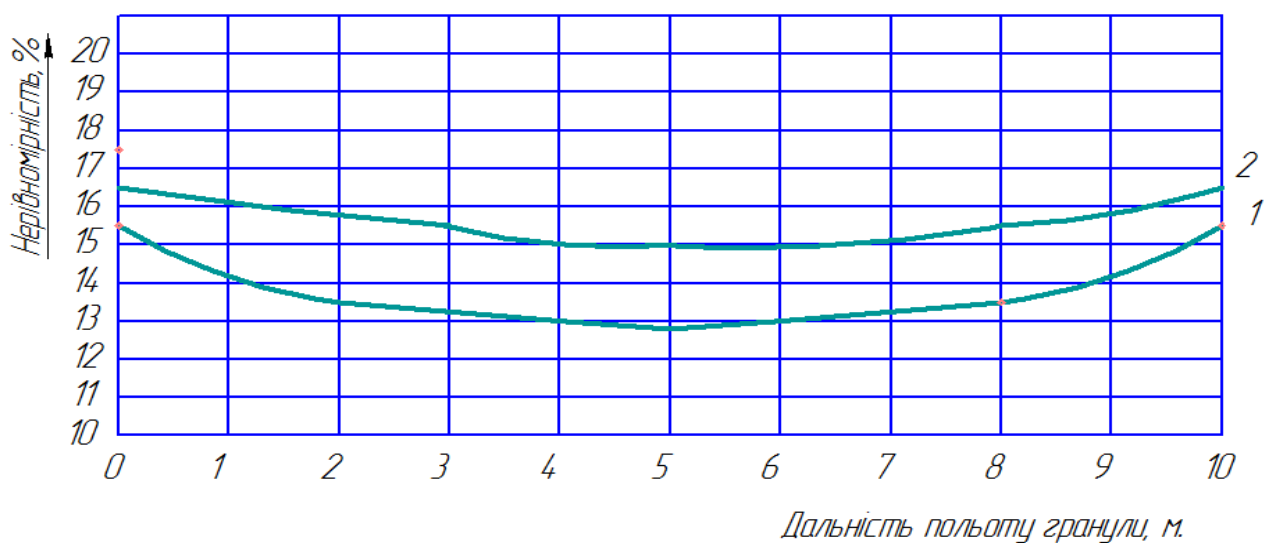


Рис.4.13. Нерівномірність розподілу гранул для машини МВУ-0,5 з модернізованим робочим органом (1) та ROTAFLOW RS-M (2)

Машина зі серійними дисками показує нерівномірність на рівні 23–27 %, що суттєво перевищує показник як модернізованої машини, так і ROTAFLOW RS-M. Нерівномірність розкидання запропонованою конструкцією менше за імпорту в середньому на 7–10 %. Однак, цей показник у ROTAFLOW RS-M більш стабільний за значенням по ширині захвату.

Як показано в огляді наукових літературних джерел (розділ 1), нерівномірність у межах агротехнічних вимог не впливає на врожайність культур і може вважатися задовільною. Проте показник серійної машини до 27 % не відповідає викладеним вимогам.



Рис. 4.14. Проведення експерименту зі серійною машиною ROTAFLOW RS-M

Польові дослідження машини Garmet-500 були проведені при русі, відхиленому від поступального, з розробленим робочим органом (рис. 4.15). Результат – нерівномірність внесення добрив збільшується на 5–8 % від загальної за умов нестійкого руху.



Рис.4.15. Польові дослідження машини Garmet-500 при русі, відхиленому від поступального, з розробленим робочим органом

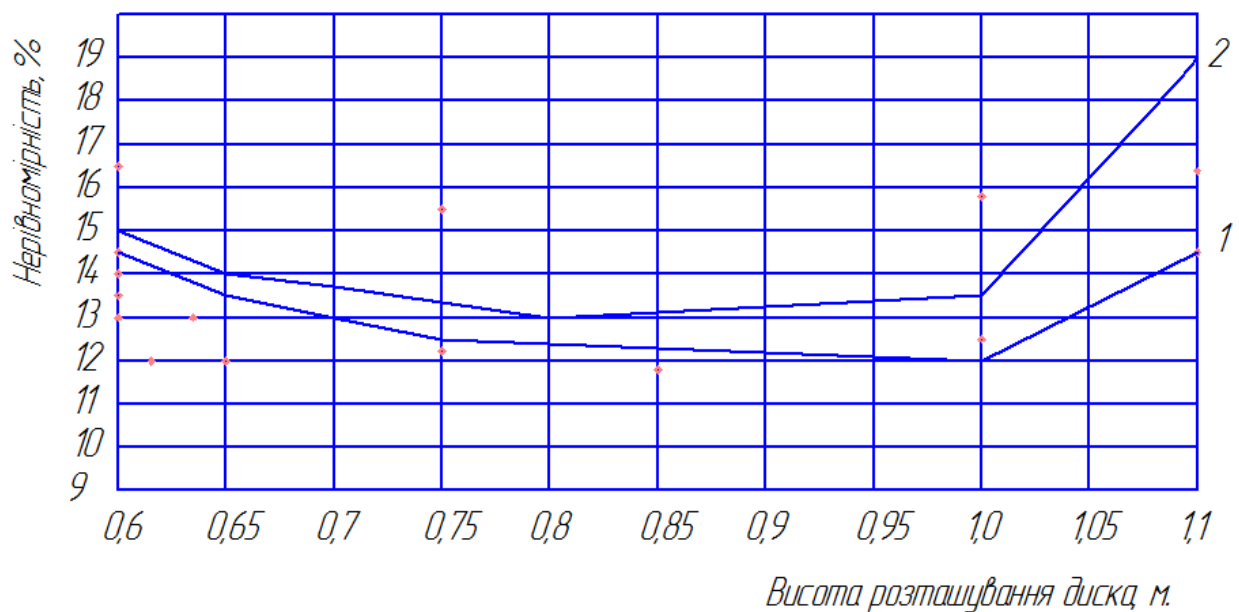


Рис.4.16. Нерівномірність розподілу гранул для машини Garmet-500 з модернізованим робочим органом: за стійкого руху (1) та відхиленого від поступального (2)

Проаналізувавши отримані залежності (рис. 4.16), бачимо, що на якість внесення добрив впливає висота розташування диска над поверхнею. Це стосується як руху, відхиленого від поступального, з розробленим робочим органом, так і стійкого руху модернізованої машини. Так, рівномірність внесення

добрив різко погіршується на 5,5–6 % при висоті 1,1 м. Отже, оптимальним параметром висоти постановки диска над рівнем ґрунту слід вважати 1,0 м.

4.4. Порівняння результатів, отриманих аналітичним і дослідним шляхом

Для підтвердження адекватності отриманих математичних моделей виконано розрахунки для умов, що відповідають польовим дослідженням:

- напрямок вітру, град;
- частота обертання багатопотокового відцентрового розкидача, об/хв;
- висота розташування робочого органа над рівнем ґрунту, м;
- кут нахилу лопаток відносно площі обертання диска, град.

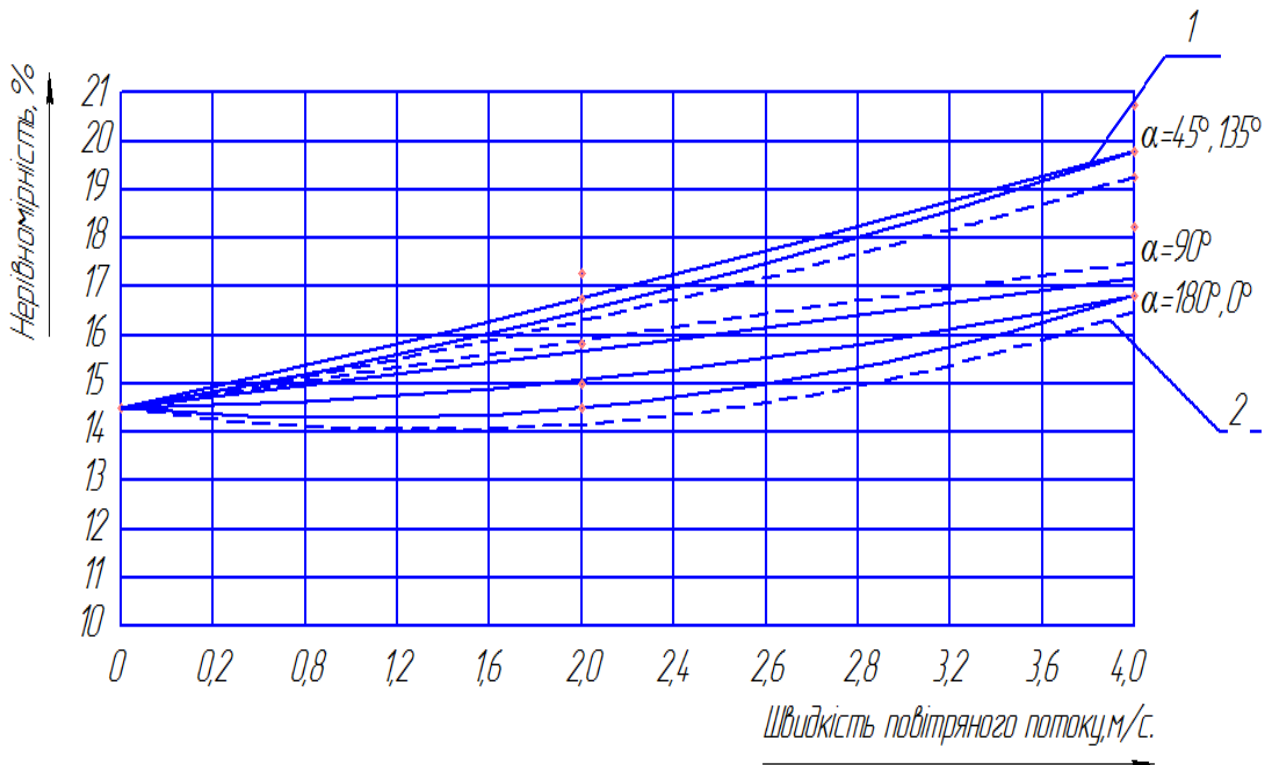


Рис. 4.17. Вплив швидкості повітряного потоку на нерівномірність розподілу: 1 – теоретичні дослідження; 2 – експериментальні

Повітряний потік, спрямований під різними кутами до напрямку руху машинно-тракторного агрегату, має різницю в результатах теоретичних і практичних досліджень 3 % (рис. 4.17).

Теоретично між частотою обертання відцентрового робочого органа і експериментальними даними відхилення склало менше 2,3 % (рис. 4.18).

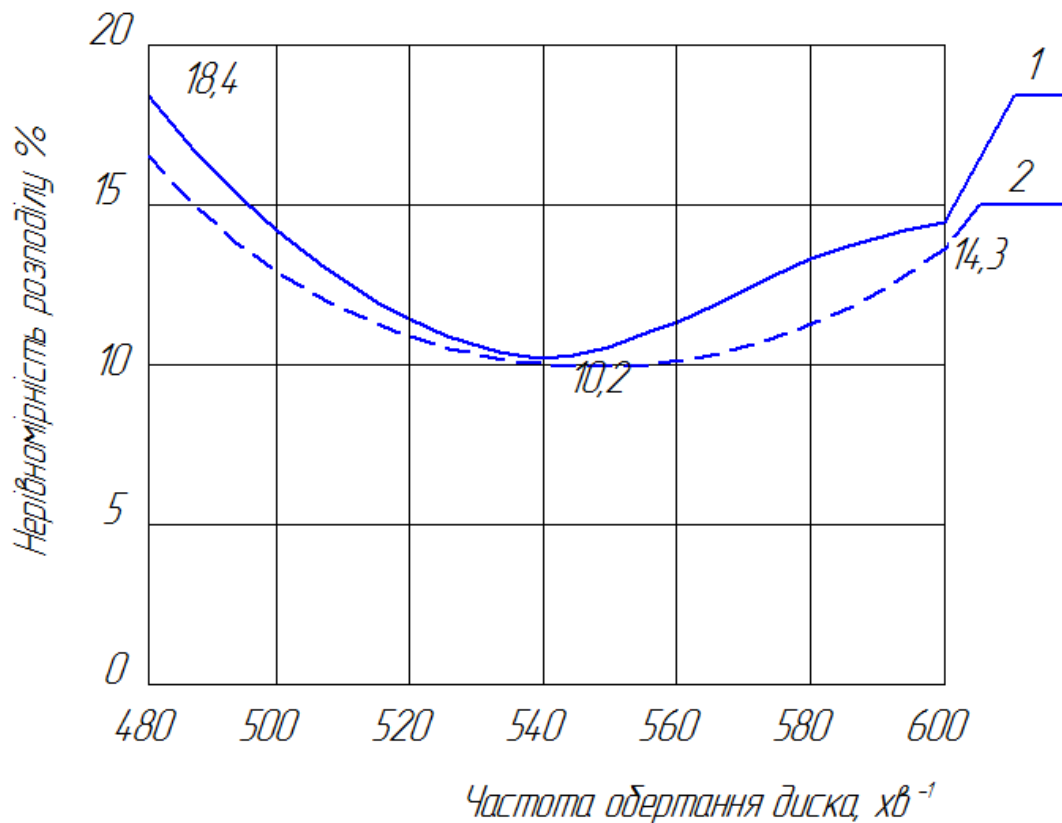


Рис. 4.18. Залежність нерівномірності розподілу добрив від частоти обертання диска за оптимальних значень конструктивних параметрів: 1 – теоретичні дослідження; 2 – експериментальні

Заміряна швидкість вітру не перевищувала 1 м/с. Діаметр диска був прийнятий стандартним і становив 0,6 м, що дозволяє використовувати багатопотоковий відцентровий робочий орган на серійних машинах.

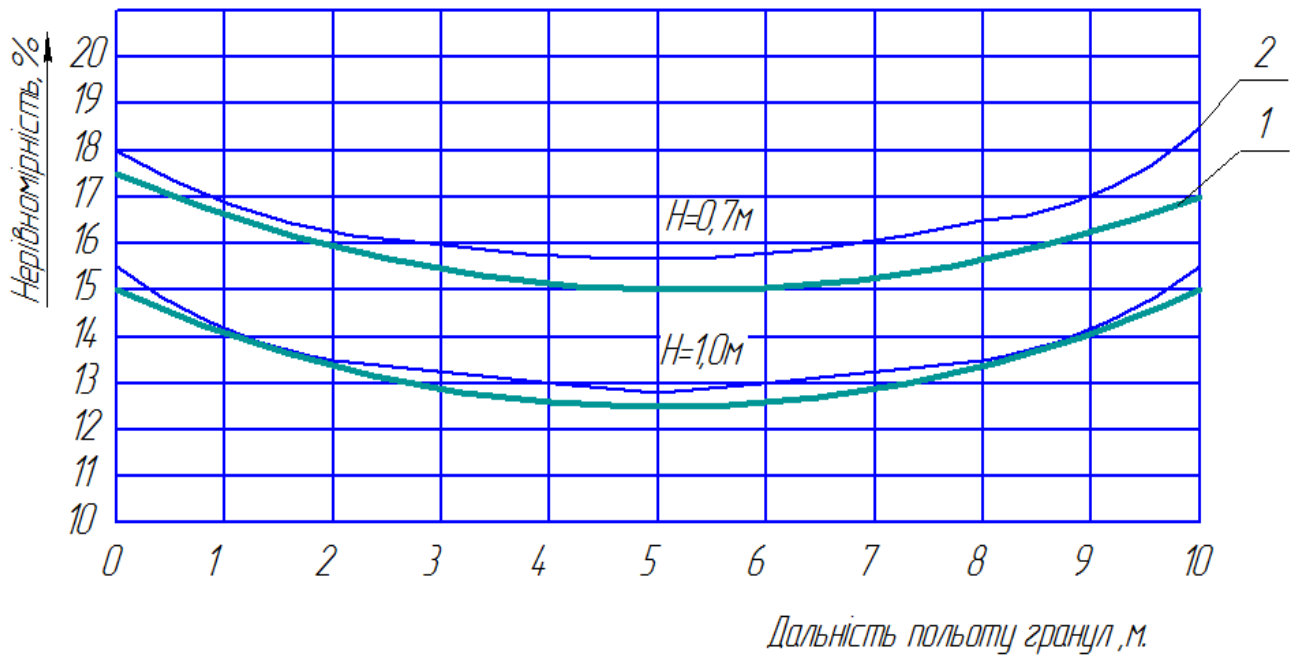


Рис. 4.19. Розподіл гранул із застосуванням багатопотокового відцентрового робочого органа залежно від висоти розташування експериментального диска над рівнем ґрунту: 1 – теоретичні дослідження; 2 – експериментальні

Аналіз результатів визначення впливу розташування багатопотокового відцентрового робочого органа над рівнем ґрунту показав (рис. 4.19), що нерівномірність розподілу гранул досягає найменшого значення при висоті 1 м, тобто вона за експериментальними дослідженнями на 2,8 % більше від теоретичних.

Висновки по розділу

1. Проведеними лабораторними дослідженнями доведена адекватність розробленої математичної моделі. Підтверджена також правильність обраних методик дослідження.

2. Оптимальними необхідно вважати такі конструктивні та кінематичні параметри відцентрового розкидача мінеральних добрив:

- діаметр диска – 600 мм;
- частота обертання диска – 540 об/хв;
- висота встановлення диска над рівнем ґрунту – 1,0 м;

- кількість лопатей (секторів) – 4;
- кількість напрямних ребер на лопаті (секторі) – 3;
- кількість дисків – 2;
- кути нахилу напрямних для трьох потоків до площини обертання диска:

$$\alpha_1 - 13^\circ, \alpha_2 - 8^\circ, \alpha_3 - 0^\circ;$$

- кути нахилу ребер до площини обертання дисків – 90° ;
- відстань між верхнім та нижнім диском – 60 мм;
- діаметр нижнього диска – 120 мм;
- висота ребер, які закріплені на нижньому диску – 45 мм.

3. Нерівномірність внесення мінеральних добрив модернізованим диском знаходиться в межах 12,9–15%, що в середньому на 7–10% якісніше за відомі зразки. Відхилення від значень, отриманих теоретичним шляхом, дорівнює 2,8 %.

4. Експериментально доведено, що допустима швидкість удару становить від 8 до 12 м/с, залежно від вологості. Оптимальною потрібно вважати вологість 9–12 %, за якої спостерігається максимальна стійкість гранул до удару.

5. Проведені дослідження модернізованої машини за стійкого та коливального руху показують, що нерівномірність внесення добрив збільшується на 5–8 % від загальної за умов коливального руху.

6. Надана пропозиція щодо розробки та застосування запропонованого багатопотокового відцентрового апарата на серійних машинах для внесення добрив, який підвищить якісні показники їх роботи за високої продуктивності.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Організація охорони праці в господарстві ТОВ «АФ «Колос»

У господарстві за стан охорони праці відповідає директор господарства. За охорону праці у підрозділі господарства відповідає уповноважена особа – керівник виробничої ділянки, на якій він закріплений наказом. В галузі рослинництва відповідальність за охорону праці несе - головний агроном, в механізації та на транспорті – інженер механік, на машинному дворі - завідувач машинного двору, на пункті ТО тракторів та майстерні - бригадир механізованого загону та майстерні, за електробезпеку – головний енергетик, за організацію охорони праці в господарстві – інженер з охорони праці. Відповідальний за пожежну безпеку та охоронну службу - начальник охоронної служби та за сумісництвом інструктор з пожежної безпеки.

З працівниками, які поступають на роботу інженер з охорони праці проводить вступний інструктаж.

Вимоги безпеки праці – це сукупність правил і прийомів, спрямованих на створення безпечної праці, збереження здоров'я людей і підвищення продуктивності праці. Виконання правил безпеки праці дає змогу запобігти виробничим травмам і усунути причини, які можуть породжувати шкідливі впливи на організм робітників.

Директор господарства:

- забезпечує виконання першочергових заходів галузевої програми поліпшення стану охорони праці і безпеки праці, гігієни праці та виробничого середовища;

- впроваджує «Положення про систему управління охороною праці на підприємстві»;

згідно з чинним законодавством забезпечує ефективну діяльність служби

охорони праці та пожежної безпеки;

- забезпечує функціональне та раціональне використання коштів фонду охорони праці;

- створює ефективну роботу кабінету з охорони праці;

- створює постійно діючу комісію по перевірці знань працівників підприємства з питань охорони праці та пожежної безпеки;

- забезпечує працівників відповідно з типовими, галузевими нормами засобами індивідуального захисту, в першу чергу спецодягом, милом, обеззаражуючими миючими засобами.

- при необхідності створює комісію з розслідування нещасних випадків професійних захворювань та аварій на підприємстві.

Інженер з охорони праці:

- проводить навчання та перевірку знань законодавчих актів з охорони праці працівників та керівників виробничих ділянок;

- забезпечує працюючих правилами, стандартами, нормами, положеннями, інструкціями та іншими нормативними актами з охорони праці;

- розробляє правила, вимоги, положення, інструкції з охорони праці;

- аналізує причини нещасних випадків та професійних захворювань, для розробки рекомендацій і заходів щодо їх зниження;

- забезпечує кабінет з охорони праці необхідною документацією, плакатами, навчальними посібниками та іншим.

Головні спеціалісти господарства:

- забезпечують безпечне проведення робіт і культуру виробництва на кожних робочих місцях ввіреному об'єкті;

- оформляють перед початком виконання робіт акти - допуски про виконання заходів з безпеки праці, та після закінчення робіт акти про виконання заходів з безпеки праці;

- беруть участь у розробці нових і перегляд діючих інструкцій з охорони праці для працівників ввіреному об'єкті;

- беруть безпосередню участь у проведенні атестації робочих місць за умовами безпеки праці у ввірених їм об'єктах;
- систематично інформують на оперативних виробничих нарадах посадових осіб, про стан техніки безпеки на робочих місцях, виявлені порушення та контролюють усунення виявлених порушень;
- беруть участь у нарадах з охорони праці.

Керівники виробничих ділянок:

- забезпечують проведення навчання, інструктажу, перевірки знань, стажування працівників свого підрозділу згідно з порядком навчання з охорони праці та перевірку знань вимог охорони праці працівників організацій, а саме: проводить вступні, первинні, повторні, позапланові інструктажі на робочому місці з усіма працівниками, в встановлені терміни з оформленням інструктажів у відповідних журналах, не допускає працівників до виконання робіт без інструктажу, стажування, навчання безпечних методів і прийомів ведення робіт;
- здійснюють періодичний оперативний контроль за станом техніки безпеки на ділянці;
- забезпечують безпечне проведення робіт на кожному робочому місці ввіреної йому ділянки;
- здійснюють щоденний, особистий, періодичний протягом дня контроль за станом умов праці;
- забезпечують дотримання робітниками трудової і виробничої дисципліни, правил та інструкцій з охорони праці;
- своєчасно оформляють оперативну, поточну документацію з охорони праці, а саме: акти - допуски, наряди - допуски, акти приймання в експлуатацію, журнали інструктажу на робочому місці, вступного інструктажу, з пожежної безпеки, журнал видачі нарядів - допусків, журнал суміщених робіт і т. д.
- забезпечують ділянку робіт заборонними, попереджувальними знаками і плакатами;

- не допускають працівників до виконання ними трудових обов'язків без проходження обов'язкових медичних оглядів, а також у випадку медичних протипоказань;

- беруть участь у розробці нових і перегляд діючих інструкцій з охорони праці для працівників ввіреної йому ділянки.

5.2 Аналіз виробничого травматизму

Охорона праці крім соціального, має важливе економічне значення - це і висока продуктивність праці, зниження витрат на оплату лікарняних, компенсацій за важкі та шкідливі умови праці тощо. За розрахунками вчених наслідки нещасних випадків коштують у 10 разів більше, ніж витрати на заходи та засоби щодо їх попередження. В цьому розділі пропоную розглянути виробничі травми працівників, провести необхідні розрахунки виробничого травматизму, скласти таблицю з отриманих розрахунках та зробити висновок.

Коефіцієнт частоти травматизму визначаємо за формулою:

$$K_{\text{ч}} = \frac{T}{P} \cdot 1000, \quad (5.1)$$

де: Т - кількість нещасних випадків (травм) за досліджуваний період;

Р - кількість працівників, чол.

$$K_{\text{ч}} = \frac{2}{128} \cdot 1000 = 15,63$$

Коефіцієнт важкості травматизму визначаємо так:

$$K_{\text{в}} = \frac{D}{T}, \quad (5.2)$$

де: Д - сумарна втрата днів працездатності в результаті нещасного випадку, днів.

$$K_{\text{в}} = \frac{105}{2} = 52,5$$

Коефіцієнт втрати робочого часу:

$$K_{в.т.} = K_q \cdot K_m = \frac{D}{P} \cdot 1000, \quad (5.3)$$

$$K_{в.т.} = 15,63 \cdot 52,5 = 820,6$$

Втрата робочого часу визначаємо за такими показниками:

$$B_{р.ч.} = \frac{D}{8} \cdot 40, \quad (5.4)$$

де: D - сумарна втрата днів працездатності в результаті нещасного випадку, днів;

8 – 8-ми годинний робочий день, год;

40 – 40-ка годинна робоча неділя, год.

$$B_{р.ч.} = \frac{105}{8} \cdot 40 = 525_{год}$$

Втрата коштів на оплату лікарняних:

$$B_{грн.} = B_{р.ч.} \cdot 12,5, \quad (5.5)$$

де: 12,5 – погодинна оплата працівника, грн.

$$B_{грн.} = 525 \cdot 12,5 = 6562,5_{грн}$$

Аналогічно проводимо розрахунки виробничого травматизму за іншими роками. Всі отримані данні отримані під час розрахунку за 2020 - 2024 роки заносимо до таблиці 5.1.

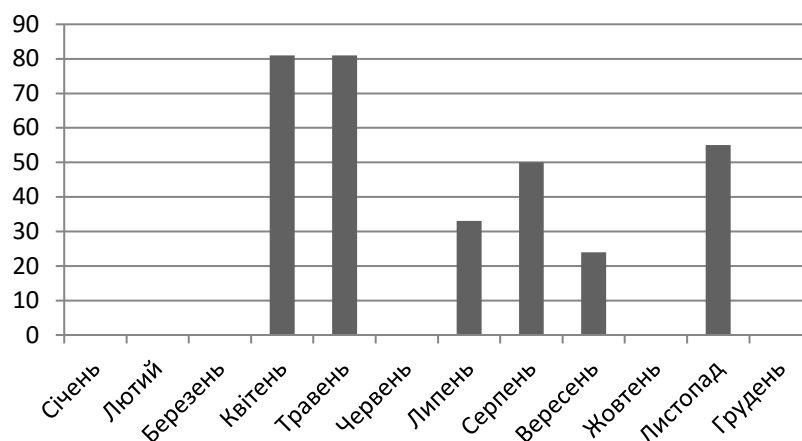


Рис.5.1 Рівень виробничого травматизму та втрати працездатності по місяцям за 5 років

Таблиця 5.1. - Характеристичні показники травматизму на господарстві ТОВ «АФ «Колос» за 2020-2024 роки

Показники	Роки				
	2020	2021	2022	2023	2024
1	2	3	4	5	6
Кількість працюючих (в сезон с.-г. робіт), чол.	128	127	125	121	117
Кількість нещасних випадків, од.	2	2	1	1	1
Втрати днів працездатності від виробничого травматизму: перший випадок;	81	38	43	33	50
другий випадок.	24	55			
Всього:	105	93			
Втрати днів працездатності від виробничого захворювання	-	-	-	-	-
Коефіцієнт частоти травматизму	15,63	15,75	8,00	8,26	8,55
Коефіцієнт важкості травматизму	52,50	46,50	43,00	33,00	50,00
Коефіцієнт втрат робочого часу за рік	820,31	732,28	344,00	272,73	427,35
Втрата робочого часу, год	525	465	215	165	250
Втрата коштів на оплату лікарняних, тис. грн.:	6562,5	5812,5	2687,5	2062,5	3125

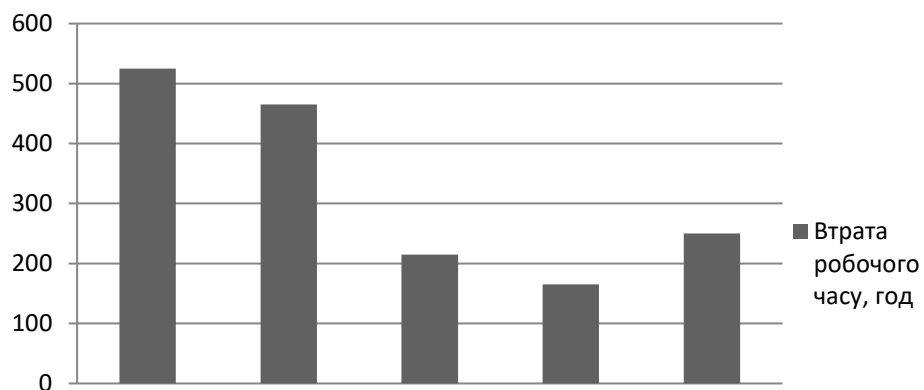


Рис.5.2 Втрата робочого часу внаслідок виробничого травматизму за 5 років

Підсумовуючи, можна сказати, що за період з 2020 – 2024 року в господарстві зменшилось кількість виробничого травматизму, але причини залишилися. З рис.5.1 ми бачимо, що найбільш травматичними місяцями є квітень та травень – весняні місяці. Майже всі виробничі травми трапилися за таких причин:

- невиконання керівником посадової інструкції, в частині забезпечення дотримання підлеглим персоналом трудової та виробничої дисципліни, безпечного виконання робіт, дотримання встановлених норм технологічного процесу, експлуатації обладнання;
- невиконання підлеглих інструкцій з охорони праці, інструкцій з безпеки праці на відповідну роботу або операцію;
невиконання керівником підрозділу належного інструктування підлеглих при виконанні робіт на установках, тракторах, с/г агрегатах, тощо.
- порушення вимог безпеки праці при виконанні роботи без проходження навчання на установці, без нагляду вище кваліфікованого працівника;
- порушення вимог безпеки праці при знаходженні в заборонених місцях при роботі, та русі машин.

Внаслідок виробничого травматизму за 5 років господарство втратило на оплату лікарняних приблизно 20250 грн. не враховуючи відшкодування кожному працівнику. Всі ці кошти краще було вкласти на покращення вимог охорони праці. В наступному розділі пропонуємо скласти перелік необхідних заходів, які поліпшать охорону праці в господарстві, та провести розрахунки.

5.3. Заходи з поліпшення вимог охорони праці на ТОВ «АФ «Колос»

Заходи з поліпшення вимог охорони праці передбачають систему організаційних і технічних заходів і засобів по запобіганню негативного впливу на робітників небезпечних виробничих факторів. До технічних заходів відносяться:

- розробка та впровадження безпечного обладнання;
- механізація і автоматизація технологічних процесів;
- використання запобіжних пристроїв, автоматичних блокуючих засобів;

- правильне і зручне розташування органів управління обладнанням;
- розробка та впровадження систем автоматичного регулювання, контролю та управління технологічними процесами, принципово нових нешкідливих та безпечних технологічних процесів.

До організаційних заходів належать:

- правильна організація роботи, навчання, контролю та нагляду за охороною праці;
 - дотримання трудового законодавства, міжгалузевих та галузевих нормативних актів про охорону праці впровадження безпечних методів та наукової організації праці;
 - проведення агітації та пропаганди охорони праці;
- організація планово - попереджувального ремонту обладнання, технічних оглядів та випробувань транспортних і вантажопідіймальних засобів.

Таблиця 5.2 - Заходи з поліпшення вимог охорони праці

№ п/п	Зміст заходів	Потрібно коштів, грн	Періодичність виконання	Відповідальний за виконання
1	2	3	4	5
1	Розробити інструкції з безпечним прийомом праці на всі види робіт	700	Одноразово	Інженер з охорони праці
2	Провести атестацію робочих місць з підвищеною небезпекою	2000	Одноразово	Головний інженер; інженер з охорони праці
3	Проводити заняття з ОП з усіма працівниками з програми, згідно закону України про ОП	150	Щоквартально	Директор; інженер з охорони праці

Продовження таблиці 5.2

4	Проводити навчання і атестацію спеціалістів середньої ланки в присутності інспектора держнагляду охорони праці	180	Щорічно	Директор
5	Провести "день охорони праці" на рівні директора правління (провести певні навчальні заходи ліквідації персоналу з будівлі)	-	Щорічно	Директор
6	На кожній виробничій дільниці устаткувати куточок з ОП	1000	Одноразово	Інженер з охорони праці
7	Організувати навчання та атестацію на групу допуску для роботи в	180	Щорічно	Інженер з електробезпеки
8	Розробити на кожного керівника, головного спеціаліста, керівників дільниць посадові	60	Одноразово	Головний економіст; інженер з охорони
9	Провести лабораторні випробування захисного заземлення в електроприладах	-	Одноразово	Відповідальний за електробезпеку;
10	Дообладнати всі виробничі дільниці засобами пожежогасіння	1060	Одноразово	Інструктор з пожежної безпеки
11	Доповнити медикаментами аптечки на всіх виробничих ділянках	500	Щомісячно	Головний інженер; інженер з охорони
12	Оборудувати світловою сигналізацією тракторні причепа	3000	Одноразово	Головний інженер
13	Провести навчання і атестацію осіб відповідальних за вантажопідйомні засоби	150	Одноразово	Головний інженер
14	Замінити застарілий інструмент	1800	Одноразово	Головний економіст
15	Замінити, встановити світильники для всіх виробничих приміщень	6000	Одноразово	Відповідальний за електробезпеку;
Всього затрат, грн:		17780	Одноразово	Директор

При проведенні робіт по утеплінню будівель, деякі вікна були закладені з метою економії тепла. Будівлі, такі як, ремонтна майстерня, були позбавлені частини природного світла. Для більш ефективної та безпечної роботи працівників необхідно встановити додаткові світильники.

Висновок: Запропонований зміст заходів для поліпшення вимог охорони праці на які треба затратити приблизно 17780 грн.

6. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Економічна ефективність вирощування сільськогосподарської продукції залежить від двох основних чинників – її собівартості та доходу від реалізації продукції, безпосередньо пов'язаної з урожайністю.

На величину врожаю сільськогосподарських культур впливають безліч різних чинників, основними з яких є добрива.

Розрахунок економічної ефективності сільськогосподарської техніки проводиться на основі порівняльної оцінки різних конструкцій, які здійснюють однотипні операції, мають подібну схему агрегування з енергетичним засобом і несуттєво відрізняються за продуктивністю, енерговитратами та іншими техніко-економічними показниками.

За базу при проведенні порівняння приймають показники існуючих високопродуктивних машин; машини-аналога, яка підлягає заміні новою машиною; показники технічного засобу та технологічного процесу до модернізації [31].

Удосконалення робочого органа розкидача відцентрового типу дозволяє збільшити швидкість агрегату, зменшити витрату технологічного матеріалу та зменшити екологічне навантаження на навколишнє середовище. Як показує досвід застосування цієї машини, якісне проведення операції можливе лише при швидкості руху агрегату не більш 10 км/год і при умові відсутності мікрорельєфу, рослинних решток. Робоча швидкість вдосконаленої машини може бути підвищена до 12 км/год без зниження якісних показників процесу внесення добрив, проте ми будемо рухатися зі швидкістю 10,5–11 км/год для забезпечення найнижчого стабільного значення нерівномірності внесення добрив. Саме виконання агротехнічних умов внесення мінеральних добрив буде визначальним параметром швидкості машинно-тракторного агрегату.

Проведемо розрахунок основних техніко-економічних показників, аналіз яких дозволить зробити висновки про доцільність і економічну ефективність від запровадження удосконалення.

Розрахунок галузевої собівартості та оптової ціни машини для внесення мінеральних добрив проводили за типовими методиками [28].

Коефіцієнт конструктивної складності нової машини у порівнянні з аналогічними машинами приймаємо $\lambda = 1,1$ [28].

Вихідні дані для розрахунку основних техніко-економічних показників наведені в табл.6.1.

Таблиця 6.1

Вихідні дані для розрахунку

Найменування	Умовне позначення	Од. вимірювання	Машина	
			Базова	Експерим.
1	2	3	4	5
1. Агрегується з трактором	-	-	MT3-82.1	MT3-82.1
2. Наробіток за годину основного експлуатаційного часу	W_2	га/год	12,2	15,96
3. Кількість обслуговуючого персоналу - тракторист	L_m	чол.	1	1
4. Розряд робітника - тракторист	-	-	5	5
5. Змінна норма виробітку	W_{zm}	га	85,4	111,2
6. Тарифна ставка на одиницю наробітку - тракторист	τ_m	грн/га	11,18	11,18

Продовження таблиці 1

7. Кількість годин роботи	t_m	ч	7	7
8. Сезонне навантаження				
- трактора	T_m	год	1100	1100
- розкидача	T_m	год	140	140
9. Термін служби				
- трактора	t_m	років	8	8
- розкидача	t_m	років	7	7
10. Витрати палива	q	кг/га	0,7	0,5
11. Вартість палива	C_n	грн/кг	50	50
12. Балансова ціна				
- трактора	$C_{бт}$	грн	166992	166992
- розкидача	$C_{бб}, C_{бн}$	грн	47800	48520
13. Відрахування на амортизацію				
- трактора	a_m	%	12,5	12,5
- розкидача	a_m	%	14,3	14,3
14. Відрахування на ремонт				
- трактора	R_m	%	13,7	13,7
- розкидача	R_m	%	14,2	14,2
15. Ціна 1 тони мінеральних добрив в середньому	C_c	грн	40000	40000

Галузева собівартість нового знаряддя визначається за формулою:

$$C_{\Gamma} = \lambda \cdot \frac{100 \cdot M_o}{g \cdot k_y} + d,$$

де C_2 – галузева собівартість, грн.;

M_o – загальна вартість сировини і матеріалів, що входять до складу розкидача;

λ – коефіцієнт конструкторської складності нової машини в порівнянні з аналогічними за технологією серійними машинами;

g – питома вага витрат на матеріали в собівартості машини без купувальних виробів даної групи %;

k_y – коефіцієнт зміни питомої ваги матеріалів залежно від масштабів виробництва; $k_y = 0,659$;

d – вартість купованих вузлів і деталей в оптових цінах з додаванням витрат на транспортно-заготовчі витрати, $d = 720$ грн:

$$M_o = C \cdot (1 + O + T) \cdot Ц$$

де C – чиста маса розкидача без покупних виробів, $C = 0,65$ т;

O – відсоток відходів металу при обробці, $O = 10\%$;

T – відсоток транспортно-заготовчих витрат, $T = 7\%$;

$Ц$ – вартість однієї тони прокату металу, $Ц = 70000$ грн.

$$M_o = 0,65 \cdot (1 + 0,1 + 0,07) \cdot 7000 = 5324 \text{ грн.}$$

$$C_{\Gamma} = 53324 \text{ грн.}$$

Відпускна (оптова) ціна машини:

$$Ц_{o.ц.} = C_2 + П_n,$$

де $П_n$ – нормативний прибуток, грн.

$$П_n = \frac{P_c \cdot C_2}{100},$$

де P_c – диференційний галузевий норматив рентабельності (встановлений для галузі 20%);

Розмір капітальних вкладень, приймаємо на рівні галузевої собівартості.
Тоді, термін окупності додаткових інвестиційних вкладень визначиться

$$T_{ок} = \frac{(C_2 - C_{об})}{P_e} = \frac{8520 - 7800}{2400} = 0,3 \text{ року.}$$

Таблиця 6.2

**Основні техніко-економічні показники машини для внесення
мінеральних добрив**

№ п/п	Показники	Розмірніст ь	Значення	
			Базова	Експериментальна
1	Балансова вартість машини	грн	106800	109920
2	Річне завантаження машини	год	52,3	41
3	Витрати на заробітну плату робочих	грн/га	9,9	7,1
4	Витрати на ПММ	грн/га	35	25
5	Амортизаційні відрахування	грн/га	32,1	31,7
6	Відрахування на ремонт і технічне обслуговування	грн/га	22,4	21,8
7	Експлуатаційні витрати	грн/га	95,1	81,1
8	Питомі капіталовкладення	грн/га	77	63,3
9	Приведені витрати	грн/га	77,6	63,1
10	Витрати праці	люд.-год.	0,16	0,12
11	Економія витрат праці	люд.-год.	-	24
12	Ступінь зниження витрат праці	%	-	25
13	Річна економія коштів	грн	-	12400
14	Термін окупності	років	-	0,3

Висновки до розділу

Впровадження розкидача, який пропонується, дозволяє підвищити продуктивність агрегату та оптимізувати норми внесення добрив. Удосконалений розкидач добрив економічно доцільніший при терміні окупності додаткових капітальних вкладень 0,3 року використання машини. Річний економічний ефект від запровадження становить 12400 грн.

Економічний ефект отримується за рахунок зменшення витрати пального при роботі на машині з модернізованим робочим органом. Продуктивність роботи машинно-тракторного агрегату за зміну буде зростати. Це забезпечуватиметься передусім за рахунок збільшення коефіцієнта використання робочого часу зміни.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Результати теоретичних і експериментальних досліджень дозволяють зробити наступні висновки.

Було прийнято та обґрунтовано схему удосконалення. Виведено та підраховано рівняння руху матеріальної частинки при сході з диску. Це рівняння дає можливість прогнозувати розташування частинок по поверхні поля.

1. Вивчили основні фізико-механічні властивості органо-мінеральних добрив, які впливають на дальність польоту і рівномірність їх розподілу по поверхні поля. Так, оптимальні параметри гранул мінеральних добрив повинні бути в межах 1-4 мм, але не перевищувати 5 мм, оскільки на 55% зменшуватиметься рівномірність внесення робочої суміші. Вологість гранул органо-мінеральних добрив повинна бути в межах 2-6%.

2. Дослідили процес і встановили якісні показники розсівання органо-мінеральних добрив відцентровим робочим органом. Так, прогнозована розрахункова нерівномірність внесення добрив – 10,02 % для наведених конструктивних та кінематичних показників за прийнятого в роботі гранулометричного складу добрив.

3. Обґрунтували раціональні параметри робочого органу розкидача добрив. Розраховані основні характеристики розкидача, здатного забезпечити внесення добрив при швидкості руху вітру до $V = 3$ м/с на ділянці, шириною 18 м:

- діапазон діаметра диска – 600–650 мм;
- діапазон частоти обертання диска – 520–560 об/хв;
- висота встановлення диска над рівнем ґрунту – 0,7–1,0 м;
- кількість лопатей (секторів) – 4;
- кількість напрямних ребер на лопаті (секторі) – 3;
- кількість дисків – 2 (нижній та верхній з різними діаметрами);
- кути нахилу напрямних для трьох потоків до площини обертання диска:

$\alpha_1 - 13^\circ, \alpha_2 - 8^\circ, \alpha_3 - 0^\circ;$

- кути нахилу ребер до площини обертання дисків – 90° ;
- відстань між верхнім та нижнім диском – 60–65 мм;
- діаметр нижнього диска – 110–140 мм;
- висота лопатей, які закріплені на нижньому диску – 40–45 мм;
- висота живильника – 60 мм;
- діаметр живильника біля основи – 240 мм, на вершині – 196 мм.

4. Встановили на основі порівняльних досліджень агротехнічні і техніко-економічні показники експериментального і серійного розсіюючих робочих органів розкидача добрив. Згідно запропонованої методики, було проведено стендові та польові дослідження розкидача добрив відцентрового типу. Запропоновано удосконалений робочий орган, який забезпечить коефіцієнт варіації внесення робочої суміші 17% - польові дослідження. Згідно стендових досліджень – 10%. Отже основні агротехнічні вимоги по якості внесення добрив виконані.

5. Розробили рекомендації по застосуванню відцентрового розкидача на серійних машинах для внесення органо-мінеральних добрив.

6. Розглянувши стан охорони праці в господарстві, можна охарактеризувати його як не задовільний. Всього за 4 роки було 13 нещасних випадків, а в 2020 та 2024 роках – 4. Найбільша кількість травм приходить на механізаторів. Причинами нещасних випадків була робота на несправних машинах, механізмах та при ремонті техніки.

7. Впровадження розкидача, який пропонується, дозволяє підвищити продуктивність агрегату та оптимізувати норми внесення добрив. Удосконалений розкидач добрив економічно доцільніший при терміні окупності додаткових капітальних вкладень 0,3 року використання машини. Річний економічний ефект від запровадження становить 12400 грн.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Адамчук В. В. Підсумки створення технологічних комплексів для застосування твердих мінеральних добрив і хіммеліорантів. Техніка АПК. 2000 . № 3. С. 10 - 12.
2. Адамчук В.В. Farmer, стаття «Резерви оптимізації внесення добрив»/ серпень 2008р. С.24-27.
3. Босий, М.А. Обґрунтування нормативів шляхом моделювання за рівнянням регресії [Текст]/ М.А. Босий, В.О. Борисенко, Д.А. Жевняк// Продуктивність агропромислового виробництва: науково-практичний збірник/ Украгропромпродуктивність. К.: Урожай, 2007.- № 6.- С. 22-32.
4. Bulgakov. V., Vtloev H., Adamchuk O., Holovach I., Nikolaenko S., Ruzhylo Z. Theoretical and experimental investigation of a centrifugal fertilizer spreader unit for the application of mineral fertilisers. Monograph. 2023 С. 199.
5. Дереза О.О., Леженкін О.М, Вершков О.О., Гавриленко Є.А., Смелов А.О., Дмитрієв Ю.О. Інженерна механіка (деталі машин) Посібник-практикум №2. Мелітополь 2021. С.133
6. ДСТУ 8426:2015 Машини для внесення твердих мінеральних добрив. Загальні технічні вимоги [Чинний від 2017-07-01]. Київ : Держстандарт України, 2015. 15 с.
7. ДСТУ ISO 5690-1:2012. Обладнання для внесення добрив. Методи випробувань. Частина 1. Розкидачі для безперервного внесення добрив [Чинний від 2013-05-01]. Київ : Держстандарт України, 2012. 16 с.
8. ДСТУ 4397:2005 Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування [Чинний від 2006-01-01]. Київ : Держстандарт України, 2005. 10 с.
9. Інтернет джерела. Технічні характеристики машин для внесення мінеральних добрив

10. Kobets A.S., Ponomarenko N.O., Kharytonov M.M.,(2017a), Construction of centrifugal working device for mineral fertilizers spreading. Vol. 51, No. 1. pp.5-14, Bucharest/Romania
11. Кравчук В.І. Сучасні тенденції розвитку конструкції с.-г. техніки/ М.І. Грицигінна, С.М. Ковалюк, - К.: Аграрна наука, 2004. 396 с.
12. Мельник В.І. Романашенко О.А. Циганенко М.О. Калюжний О.Д. Качанов В.В. Розрахунок показників технологій внесення твердих органічних добрив [Вісник Херсонського національного технічного університету](#) №17. 2019. С. 91 – 99.
13. Мінеральні добрива: види, характеристика, застосування <https://agroapp.com.ua/uk/blog/mineralni-dobryva-vydy-harakterystyka-zastosuvannya/> (23.02.2024).
14. Машина для внесення мінеральних і органічних добрив. Захист рослин. Режим доступу: <https://ukragrozapchast.com.ua/ru/mashini-dlya-vnesennya-mineralnih-organ-chnih-dobriv-zahist-rosl/> (23.12.2023)
15. Ning S., Taosheng X., Liangtu S., Rujing W., & Yuanyuan, W, (2015), Variable rate fertilization system with adjustable active feed-roll length. International Journal of Agricultural and Biological Engineering, Vol. 8, Issue 4, pp.19–26, Beijing/China ;
16. Навісний розкидач добрив AMAZONE ZA-M 1001 <https://www.tria-agro.com/product/raspredeliteli-udobrenij/amazone-za-m-1001-tsentrobezhnij-razbrasyvatel-udobrenij/> (дата звернення: 29.12.2023р.)
17. Про затвердження Методики обчислення вартості машино-дня та збитків від простою машин : Постанова Кабінету Міністрів України від 12. 07. 2004 р. № 885. Режим доступу: [Про затвердження Методики обчисл. від 12.07.2004 № 885 \(rada.gov.ua\)](#)
18. _Проспект фірми “Big Wheels” (США).
19. Проспект фірми “Amazonen- Werke” (ФРН).
20. Проспект фірми “Big Wheels” (США).

21. Проспект фірми “Bredal” (Данія).
22. Розкидач мінеральних добрив <https://grassfield.com.ua/catalog/tekhnika/rozkydachi-dobryv-0> (05.02.24)
23. <https://rauch.de/ua/> Розкидач мінеральних добрив) (05.02.24)
24. Rauch TWS järeelveetavad väetisekülvikud [https://www.agroproff.ee/rauch-tws-jareelveetavad-vaetisekulvikud/\(10.05.2024\)](https://www.agroproff.ee/rauch-tws-jareelveetavad-vaetisekulvikud/(10.05.2024))
25. Разбрасыватель удобрений TWS 85.1 <https://rauch.eaa.by/rauch-tws-85/> (11.04.2024)
26. RAUCH - інноваційні розкидачі добрив і розкидачі протижеледних матеріалів. Режим доступу: <https://rauch.de/ru/servis/zagruzki-infoteka/razbrasyvateli-udobrenii/tws.html> (08.03.2024)
27. Тверді та рідкі мінеральні добрива <https://yablukom.ua/ua/interesno-znat/tverdyie-i-zhidkie-minerelnyie-udobreniya/> (01.05.2024)
28. Tijskens E., Van Liedekerke P., Piron E., Van Geyte J., Cointault F., Ramon H., (2008), Recent results of experimental and Dem modeling of centrifugal fertilizer spreading. Granular Matter journal, Springer Verlag, 10 (4), pp.247 – 255;

ДОДАТКИ

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО -
ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**Обґрунтування параметрів робочого
органу машини для внесення органе
мінеральних добрив**

Демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

**Виконав: студент 2го курсу, групи МГМз1-23
Владислав ШАПОВАЛ**

**Керівник: к.т.н, доцент
Наталя ПОНОМАРЕНКО**

Дніпро 2024

Метою дослідження є підвищення рівномірності поверхневого внесення добрив шляхом вдосконалення функціональної структури, оптимізації конструктивних параметрів і режимів роботи дискового апарату.

Об'єктами дослідження є технологічний процес внесення добрив, дисковий апарат, властивості добрив.

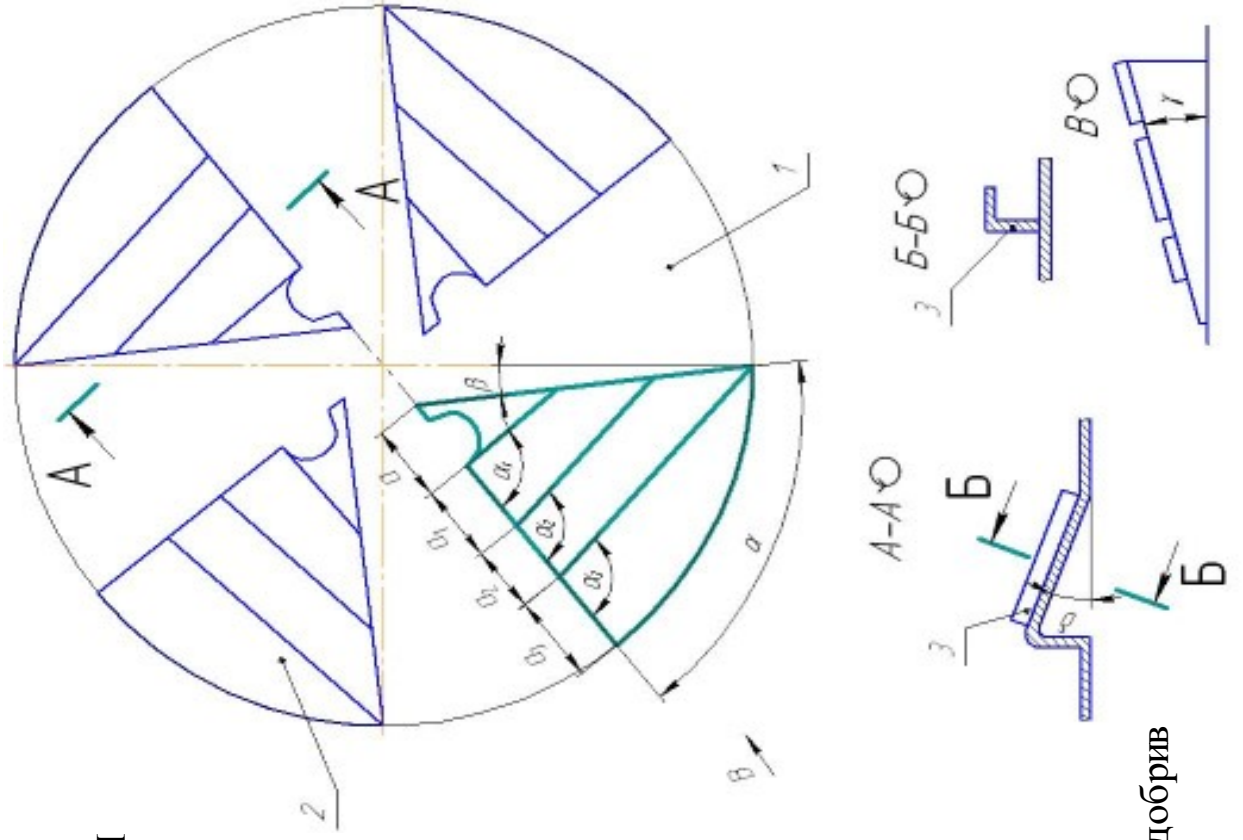
Завдання дослідження.

- 1) Вивчити основні фізико-механічні властивості добрив, які впливають на дальність польоту і рівномірність їх розподілу по поверхні поля.
- 2) Дослідити процес і встановити якісні показники розсівання органо-мінеральних добрив відцентровим робочим органом.
- 3) Обґрунтувати раціональні параметри робочого органу розкидача органо-мінеральних добрив.
- 4) Встановити на основі порівняльних досліджень агротехнічні і техніко-економічні показники експериментального і серійного розсіюючих робочих органів розкидача добрив.
- 5) Розробити рекомендації по застосуванню відцентрового розкидача на серійних машинах для внесення добрив в технологіях вирощування пшениці озимої.
- 6) Уточнити заходи по охороні праці при внесенні добрив.
- 7) Провести техніко-економічні обґрунтування доцільності практичного використання запропонованого пристрою.



АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для виконання поставленої задачі нами пропонується наступна схема робочого органу



Конструктивна схема диска розкидача добрив

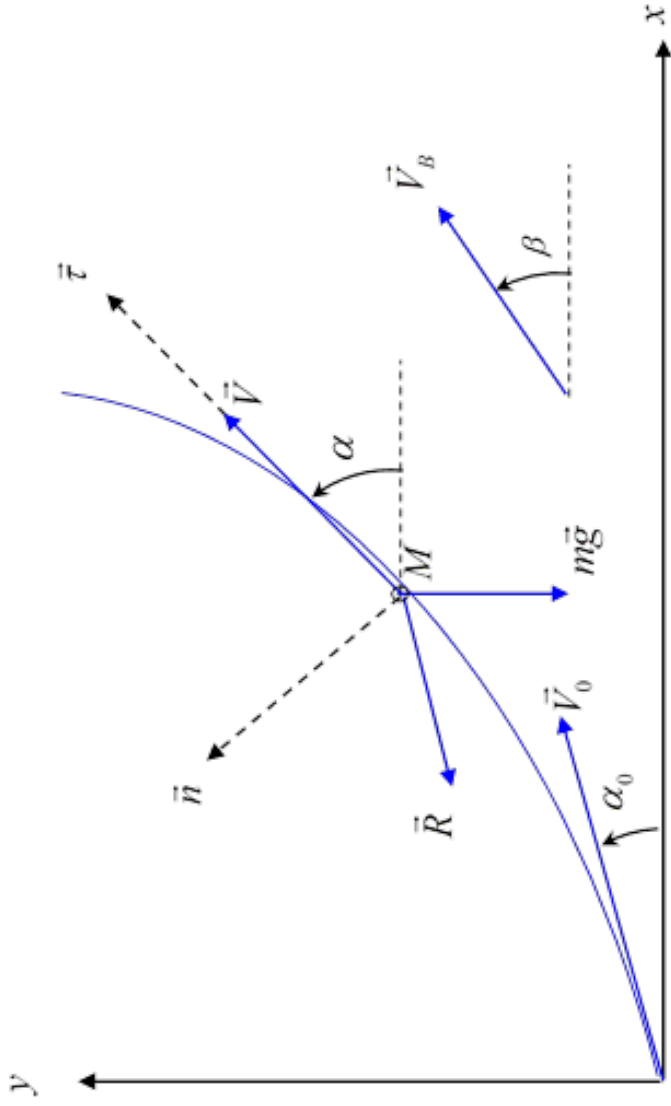


Схема сил, які діють на матеріальну точку

$$x(\alpha) = \frac{1}{k \cdot g} \cdot \frac{A}{k} \left[\cos \varphi \cdot \ln \frac{\sin(\alpha + \varphi + \Omega)}{\sin(\alpha + \varphi)} - \sin \Omega \cdot \cos(\varphi + \Omega) \cdot \operatorname{ctg}(\alpha + \varphi + \Omega) \right] + C_1,$$

$$y(\alpha) = \frac{1}{k \cdot g} \cdot \frac{A}{k} \left[-\sin \varphi \cdot \ln \frac{\sin(\alpha + \varphi + \Omega)}{\sin(\alpha + \varphi)} + \sin \Omega \cdot \sin(\varphi + \Omega) \cdot \operatorname{ctg}(\alpha + \varphi + \Omega) \right] + C_2,$$

де постійні інтегрування C_1 та C_2 отримуємо з початкових умов

$$x(\alpha_0) = 0, \quad y(\alpha_0) = 0.$$

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

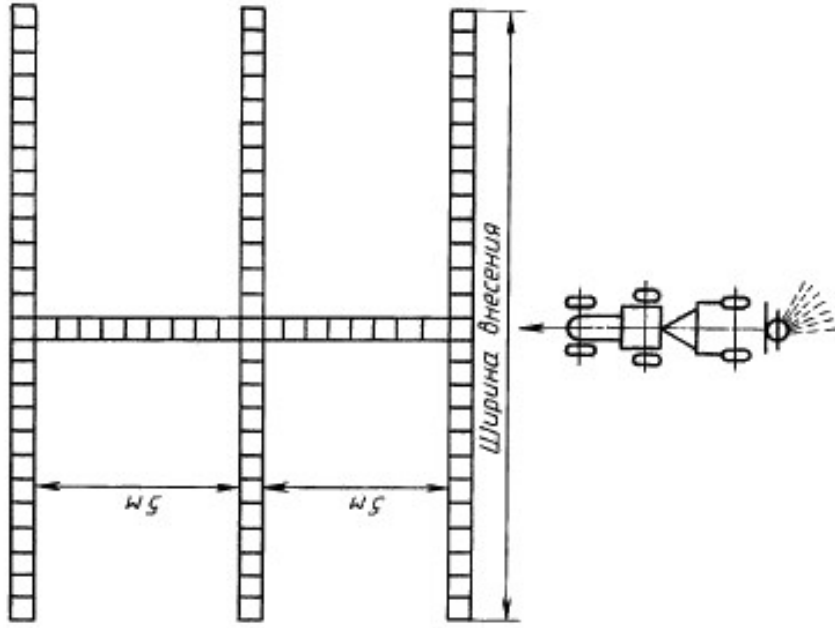


Схема розташування уловлювачів при проведенні експерименту



Матеріали та обладнання
Трактор МТЗ-80.1

Машина для внесення добрив МВУ-5.

Ваги ВЛТ-200

Уловлювач розміром $0,5 \times 0,5 \times 0,05$ м

Рулетка

Штангенциркуль

Решітний класифікатор

Лабораторні дослідження

Схема до визначення допустимої швидкості удару гранули добрива по металевій поверхні

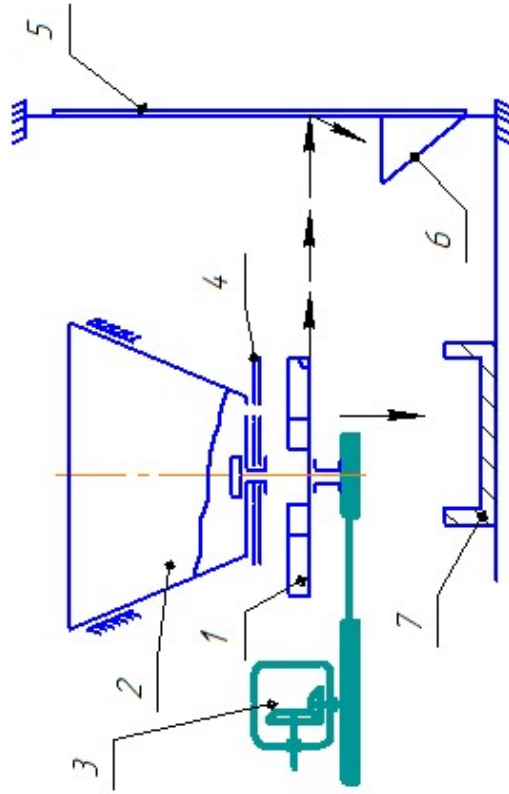
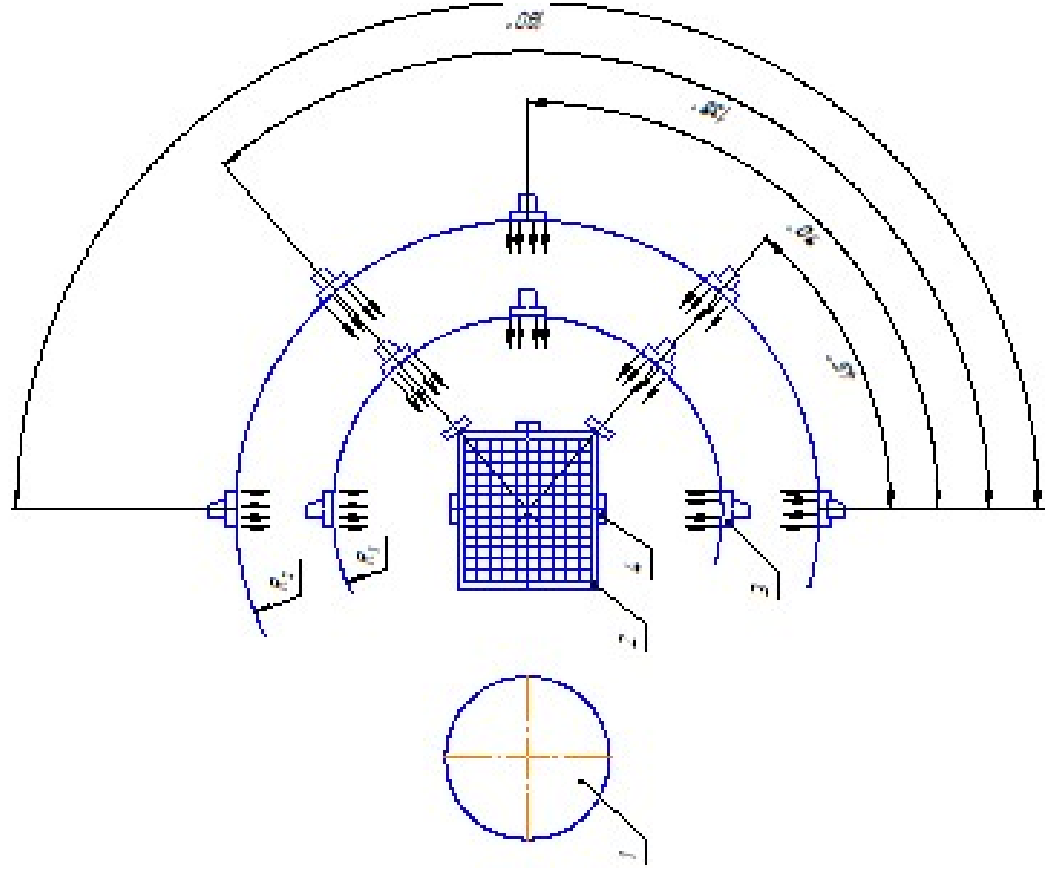
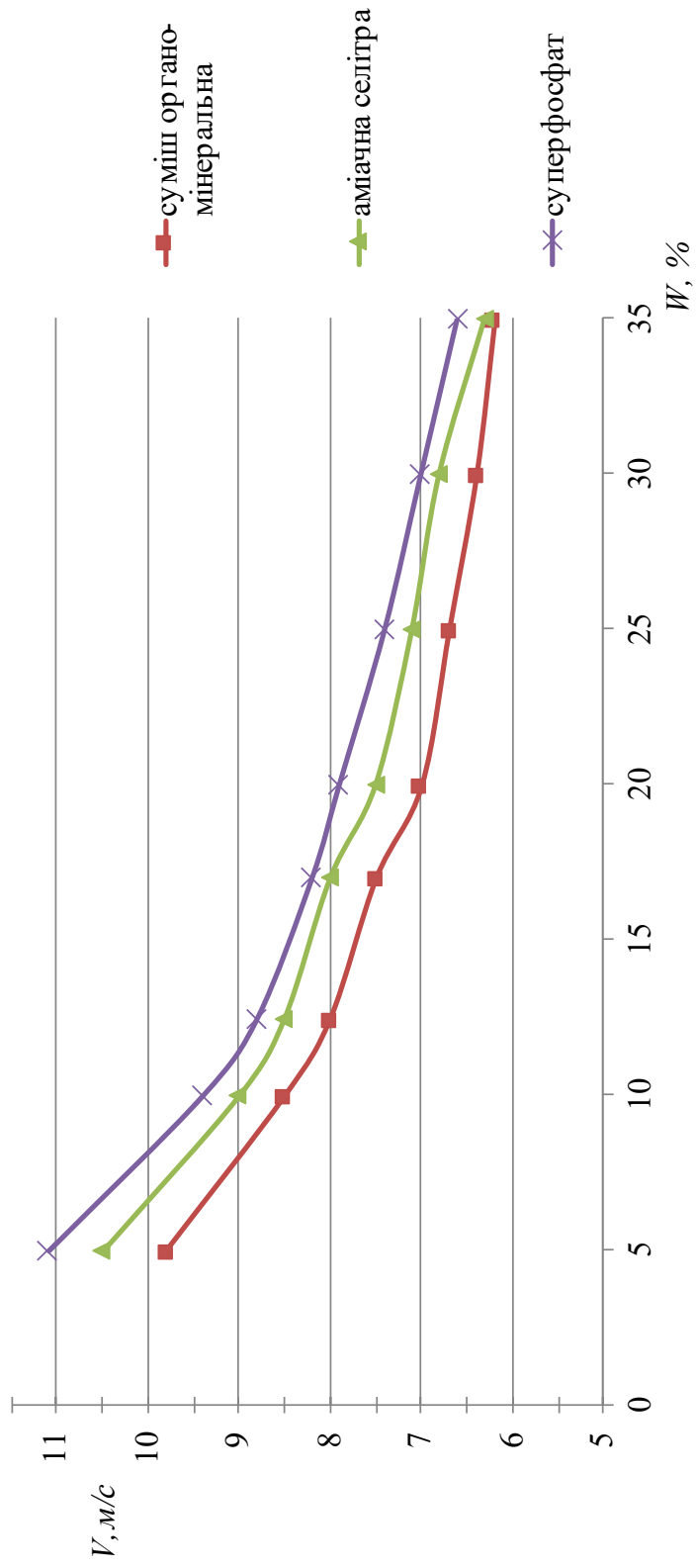


Схема досліджень дії повітряного потоку:

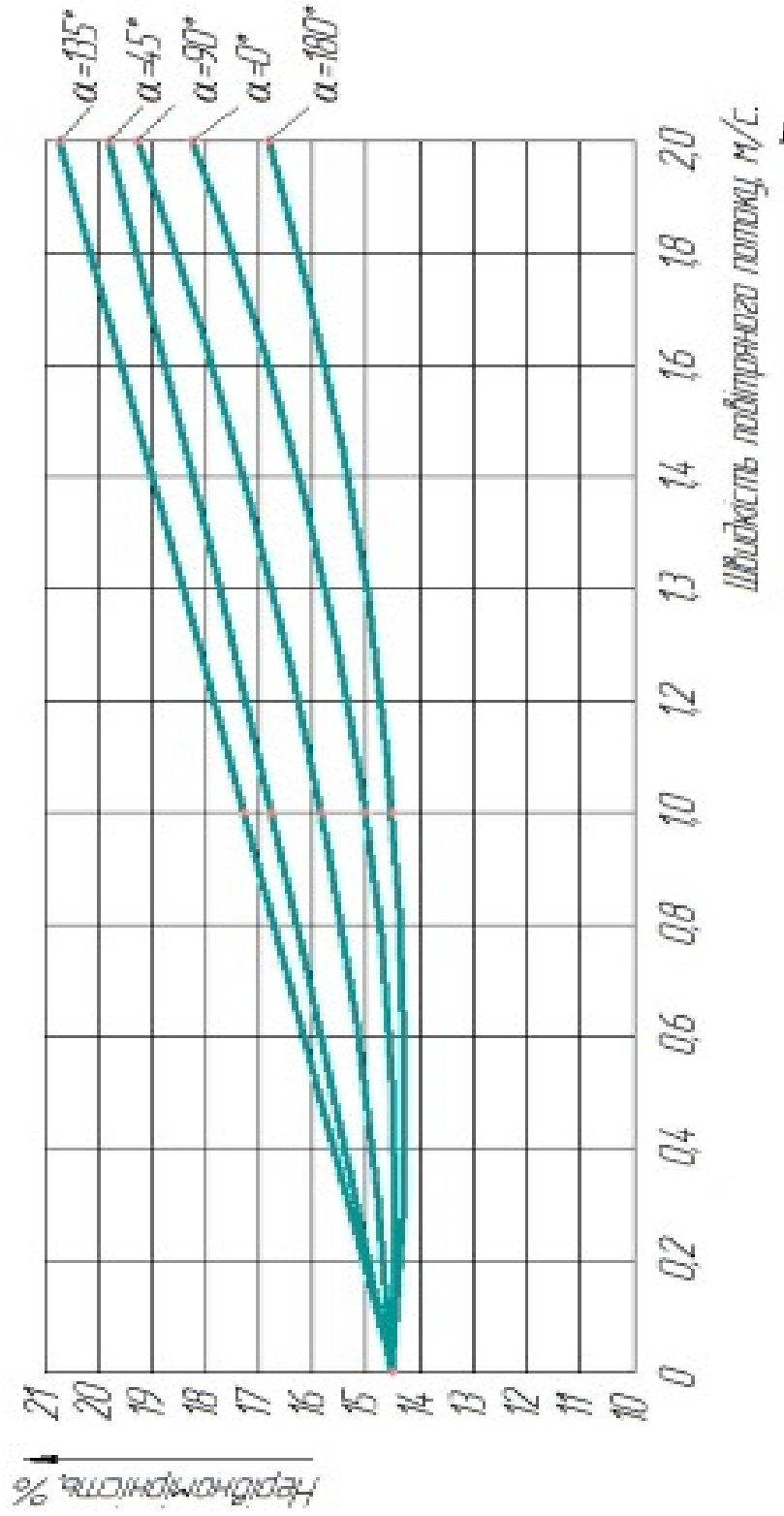
- 1 – диск розкидача; 2 – лоток з провідбірниками; 3 – вентилятор; 4 – анемометр



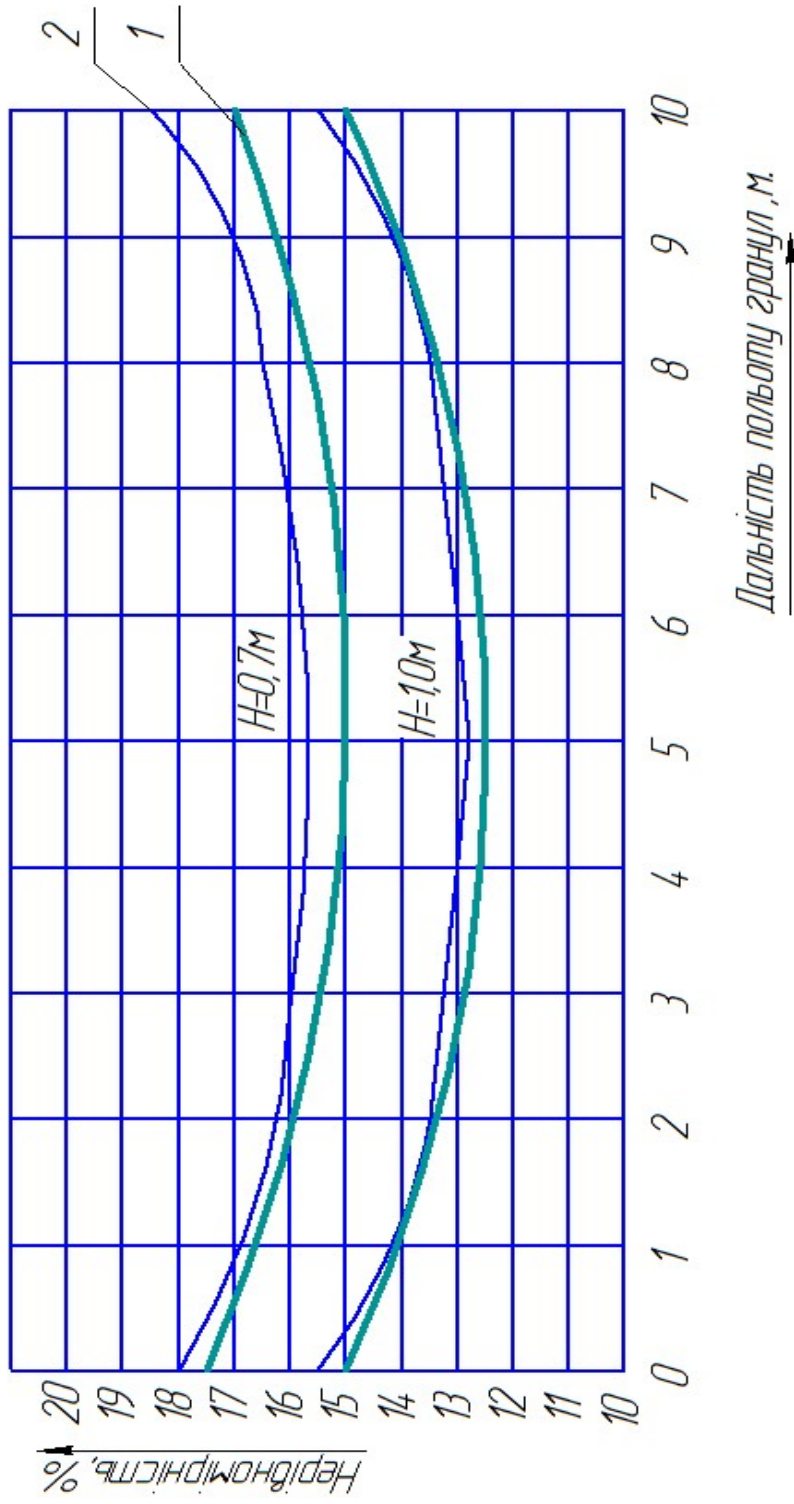
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ



Залежність максимально допустимої швидкості удару по металевій поверхні від вологості гранул



Вплив швидкості повітряного потоку на нерівномірність розподілу гранул



Розподіл гранул із застосуванням багатопотокового відцентрового робочого органа залежно від висоти розташування експериментального диска над рівнем ґрунту 1 ; 2 – еталонного диску

Основні техніко-економічні показники машини для внесення добрив

№ п/п	Показники	Розмірність	Значення	
			Базова	Експериментальна
1	Балансова вартість машини	грн	106800	109920
2	Річне завантаження машини	год	52,3	41
3	Витрати на заробітну плату робочих	грн/га	9,9	7,1
4	Витрати на ПММ	грн/га	35	25
5	Амортизаційні відрахування	грн/га	32,1	31,7
6	Відрахування на ремонт і технічне обслуговування	грн/га	22,4	21,8
7	Експлуатаційні витрати	грн/га	95,1	81,1
8	Питомі капіталовкладення	грн/га	77	63,3
9	Приведені витрати	грн/га	77,6	63,1
10	Витрати праці	люд.-год.	0,16	0,12
11	Економія витрат праці	люд.-год.	-	24
12	Ступінь зниження витрат праці	%	-	25
13	Річна економія коштів	грн	-	12400
14	Термін окупності	років	-	0,3

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Результати теоретичної експериментальної дослідження дозволяють робити наступні висновки.

Було прийнято та обґрунтовано схему удосконалення Виведено та підраховано різні частинки при сході з диску. Це рівняння дає можливість прогнозувати згашування частинки по поверхні поля

1. Вивчили основні фізико-механічні властивості органічної матеріалів, які впливають на дальність польоту і рівномірність розподілу по поверхні поля. Так, оптимальні параметри гранул матеріалів повинні бути в межах 1–4 мм, але не перевищувати 5 мм, оскільки на 55% зменшуватиметься рівномірність виведення робочої суміші Вологість гранул органічної матеріалів повинна бути в межах 2–6%.

2. Дослідили процес встановлення якості показників розсіювання органічної матеріалів від центру виробничого підприємства, прогнозована розрахункова нерівномірність виведення добрив – 10,02 % для наведених конструктивних та кінематичних показників за прийнятого в роботі гранулометричного складу добрив

3. Обґрунтували раціональні параметри робочого органу розкидача добрив Розраховані основні характеристики розкидача, здатного забезпечити виведення добрив при швидкості руху вітру до $V = 3$ м/с на ділянці шириною 18 м:

- діапазон діаметра диска – 600–650 мм;
- діапазон частоти обертання диска – 520–560 об/хв;
- висота встановлення диска над рівнем ґрунту – 0,7–1,0 м;
- кількість лопатей (секторів) – 4;
- кількість напрямних ребер на лопаті (секторі) – 3;
- кількість дисків – 2 (нижній та верхній з різним діаметрами)
- кути нахилу напрямних для трьох потоків до площини обертання диска
 $\alpha_1 = 13^\circ$, $\alpha_2 = 8^\circ$, $\alpha_3 = 0^\circ$;
- кути нахилу ребер до площини обертання дисків – 90° ;
- відстань між верхнім та нижнім диском – 60–65 мм;
- діаметр нижнього диска – 110–140 мм;
- висота лопатей, які закріплені на нижньому диску – 40–45 мм;
- висота живильника – 60 мм;
- діаметр живильника біля основи – 240 мм, на вершині – 196 мм.

4. Встановили на основі порівняльних досліджень агротехнічні і техніко-економічні показники експериментального і серійного розсіюючих робочих органів розкидача добрив. Згідно запропонованої методики, було проведено стендові та польові дослідження розкидача добрив відцентрового типу. Запропоновано удосконалений робочий орган, який забезпечить коефіцієнт варіації внесення робочої суміші 17% - польові досліді. Згідно стендових досліджень – 10%. Отже основні агротехнічні вимоги по якості внесення добрив виконані.
5. Розробили рекомендації по застосуванню відцентрового розкидача на серійних машинах для внесення органо-мінеральних добрив.
6. Розглягнувши стан охорони праці в господарстві, можна охарактеризувати його як не задовільний. Всього за 4 роки було 13 нещасних випадків, а в 2020 та 2024 роках – 4. Найбільша кількість травм приходить на механізаторів. Причинами нещасних випадків була робота на несправних машинах, механізмах та при ремонті техніки.
7. Впровадження розкидача, який пропонується, дозволяє підвищити продуктивність агрегату та оптимізувати норми внесення добрив. Удосконалений розкидач добрив економічно доцільніший при терміні окупності додаткових капітальних вкладень 0,3 року використання машини. Річний економічний ефект від запровадження становить 12400 грн.