

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ ЗМІН  
РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГАІ-3-24 за  
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Алдушин Євген  
Ігорович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Пономаренко Наталія  
Олександрівна

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро – 2025

# ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

ініціали)

(прізвище,

«    »                      2025 р.

## З А В Д А Н Н Я

### НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Алдушин Євген Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «24» 10. 2025 року  
№3182

**2. Строк подання студентом роботи** 20.11.2025 р.

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

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз літературних джерел з питань забезпечення рівномірності внесення мінеральних добрив дисковими розкидачами. Обладнання та методика експериментальних досліджень. Результати експлуатаційних досліджень. Охорона праці та безпека в надзвичайних

ситуаціях. Розрахунок економічної ефективності. Висновки. Бібліографічний список.

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1, 2 Мета і задачі, об'єкт, предмет досліджень. 3,4 Технічні засоби для внесення добрив за технологічним принципом. 5 Програма і методика експериментальних досліджень. 6. Польові випробування. 7. Результати досліджень 8. Основні техніко-економічні показники машини для внесення мінеральних добрив. 9. Висновки.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 30.08.2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 30.05.2025 р.	
2	Теоретичний	до 10.07.2025 р.	
3	Експериментальний	до 29.09.2025 р.	
4	Охорона праці	до 15.10.2025 р.	
5	Економічний	до 22.10.2025 р.	
6	Демонстраційна частина	до 29.10.2025 р.	

Студент \_\_\_\_\_

( підпис )

Алдушин Є.І. \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

( підпис )

Пономаренко Н.О. \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)



## АНОТАЦІЯ

### **Алдушин Євген Ігорович. Обґрунтування доцільності конструкційних змін розкидача мінеральних добрив.**

В магістерській роботі проаналізовані літературні джерела з питань забезпечення рівномірності внесення мінеральних добрив дисковими розкидачами та підвищення ефективності їх використання.

Запропонована конструкція матричного дозуючого пристрою дозволяє регулювати точну подачу добрив на поверхню робочого органу, що забезпечує вирішення проблеми точної лінійної зміни робочої ширини. Дуже точне регулювання подачі добрив на робочий орган означає точність у поздовжньому напрямку 5 мм та менше  $3^\circ$  за кутовим значенням. Зміна кута лопатей дозволяє змінювати ширину захвату з 12 до 28 метрів. Зростання ширини захвату призводить до зростання росту нерівномірності внесення добрив.

На основі проведених досліджень встановлено, що найкращий результат по рівномірності внесення мінеральних добрив можна досягнути при умові, що всі лопатки мають різну довжину.

Результати випробовування інтенсивності зношування лопаток дозволили встановити, що лопатки виготовлені з менш якісної сталі мають вищу зносостійкість в порівнянні з конструкційними сталями підвищеної якості.

*Ключові слова: розкидач, мінеральні добрива, лопаті, диск, ширина захвату, нерівномірність.*

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. Аналіз літературних джерел з питань забезпечення рівномірності внесення мінеральних добрив дисковими розкидачами	9
1.1. Патентний огляд джерел існуючих і запропонованих конструкцій для механізації внесення мінеральних добрив	13
Висновки	17
2. Обладнання та методика експериментальних досліджень	19
2.1. Програма і методика експериментальних досліджень	19
2.2. Польові випробування	19
Висновки	27
3. Результати досліджень	28
3.1. Результати польових випробувань	33
Висновки	36
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	37
4.1. Організація охорони праці в господарстві ТОВ «АФ «Колос»	37
4.2. Аналіз виробничого травматизму	40
4.3. Заходи з поліпшення вимог охорони праці на ТОВ «АФ «Колос»	44
Висновки	46
5. Розрахунок економічної ефективності	47
Висновки	52
Загальні висновки	53
Список використаних джерел	55
Додатки	59

## ВСТУП

Завдяки великій кількості чорноземів Україна в основному є аграрною країною. На сьогоднішній день основною галуззю аграрного сектору економіки рослинництво. Важливим елементом високопродуктивного рослинництва є науково обґрунтоване забезпечення рослин поживними речовинами. Запас поживних речовин впливає не тільки на кількість, а також і на якість урожаю [1, 2, 3].

Найбільшого розповсюдження серед розкидачів мінеральних добрив набули дискові (відцентрові). В свою чергу це пов'язано з простотою конструкції, невисокою вартістю та низьким рівнем затрат на технічне обслуговування [4-7]. Ефективність роботи дискових розкидачів в основному базується на двох факторах: швидкість руху і ширина захвату. Питання впливу швидкості досить якісно розрите в сучасній літературі, що не можна сказати про ширину захвату. Збільшення ширини захвату зменшує негативний вплив рушіїв на ґрунт, в той же час призводить до нерівномірності внесення. Нерівномірне внесення добрив призводить до зменшення ефективності роботи машини, погіршення урожаю, зниження врожайності та зростанню собівартості продукції. Нерівномірність внесення залежить від багатьох факторів, одним з яких є конструкція робочого органу, саме тому дослідження впливу конструкції розкидача на рівномірність внесення різних типів добрив є беззаперечно актуальною задачею.

**Мета і задачі дослідження.** Мета дослідження – підвищити продуктивність дискових розкидачів мінеральних добрив з одночасним зменшенням нерівномірності внесення мінеральних добрив.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз літературних джерел з питань забезпечення рівномірності внесення мінеральних добрив дисковими розкидачами;

- запропонувати конструкційні зміни розкидача мінеральних добрив та розробити методіку експериментальних досліджень;
- провести польові випробовування.

**Об'єкт дослідження:** процес розкидання мінеральних добрив дисковими (відцентровими) розкидачами мінеральних добрив.

**Предмет дослідження:** взаємозв'язок конструкційних параметрів дискового (відцентрового) розкидача мінеральних добрив з робочою шириною захвату та якістю розкидання мінеральних добрив.

**Методи дослідження.** Дослідження виконано з використанням загальнонаукових методів пізнання, методів землеробської механіки та прикладної фізики. Обробку експериментальних досліджень виконано із застосуванням методів математичної статистики.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ПИТАНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІВНОМІРНОСТІ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ ДИСКОВИМИ РОЗКИДАЧАМИ

Нерівномірне внесення добрив зменшує використання активного інгредієнта, гальмує рівномірний розвиток рослини, знижує урожайність і погіршує якість врожаю. Дослідники визнали ці факти десятиліття тому і провели великі дослідження, щоб визначити ступінь ефекту зниження врожайності.

Як правило, проводились дослідження з азотними добривами, оскільки загальновідомо, що їх нерівномірне внесення є найбільш критичним для розвитку рослин. Нерівномірність розподілу добрив визначалася кількома параметрами, серед яких найважливішим є стандартне відхилення, виражене у відсотках від середнього значення, коефіцієнта варіації (CV%) [8-9].

Вплив нерівномірності внесення вивчали на трьох найбільш поширених кормових культурах (зернові, цукрові буряки, картопля), використовуючи широкий спектр нерівномірностей. Добриво вносили на дослідні ділянки різними способами. Для внесення використовувалася пластинчастий та дисковий розкидач добрив. Для забезпечення екстремальних значень також використовувалося розсіювання з причепа лопатою, а також ручне розкидання. Рівномірне внесення в якості контролю забезпечувалося ретельним ручним розкиданням. До початку дослідження було визначено очікувану дисперсійну нерівність різних методів застосування. Відповідно методи дослідження, які використовували забезпечили значення стандартного відхилення від 11 до 97%. Побудовано графік ефекту зменшення врожайності від дисперсійної нерівномірності внесення добрив (рис. 1.1) [10-12].

Було встановлено, що зменшення врожайності – із-за збільшенням дисперсійної нерівномірності – спочатку збільшується в меншій мірі, потім суттєво і переходить в лінійну залежність. Зниження урожайності менше 0,5%, що є прийнятним для практики, може бути досягнуте лише при стандартному відхиленні менше 20%. Втрата менше 1% передбачає стандартне відхилення менше 25%. Внесення добрив з нерівномірністю 35% і більше призводить до втрати урожайності 2% і більше. Для того, щоб на практиці нерівномірне внесення добрив не призвело до зменшення врожаю більш ніж на 0,5%, необхідно забезпечити нерівномірність внесення добрив в межах 14%. Не випадково, що міжнародний стандарт вимагає значення CV у межах 15%, а деякі виробники навіть намагаються посилити стандарт до відхилення в межах 10% [13].

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.

Особливістю дискових розкидачів є нерівномірність внесення добрив по ширин, так в середині смуги доза вища ніж по краях. Для вирівнювання норми внесення вони повинні експлуатуватися з перекриттям

Урожайність (%)

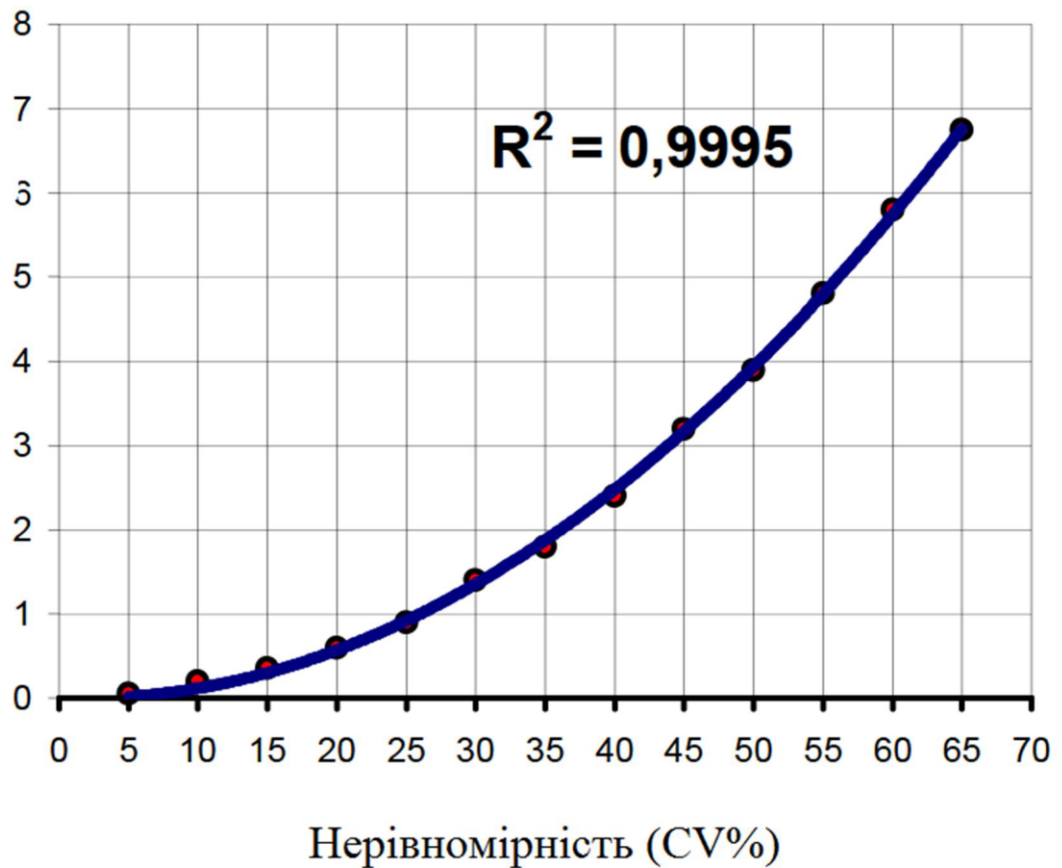


Рис. 1.1. Вплив нерівномірності внесення добрив на урожайність.

Також було встановлено, що нерівномірний розподіл на площі менше  $0,5 \text{ м}^2$  є несуттєвим, оскільки коренева система рослин здатна вирівняти нерівномірність внесення добрив [14].

Зі збільшенням робочої ширини розкидача мінеральних добрив відстань пройдена на одиницю площі зменшується, що призводить до зниження негативної дії рушіїв на ґрунт, зменшення споживання палива та забруднення навколишнього середовища [15].

Для забезпечення однорідності внесення мінеральних добрив робоча ширина повинна бути відома оператору і системі керування трактором. При внесенні мінеральних добрив «на око» відхилення від

оптимальної дози внесення може складати 50–110%, за рахунок надмірного перекриття. Велика кількість дослідників виявили, що відхилення на 1 м від робочої ширини захвату машини суттєво погіршує рівномірність розкидання, хоча точність стиків в межах 1 м підтримувати важко [16].

Робочу ширину розкидачів добрив слід вибирати так, щоб стандартне відхилення внесення добрив не перевищувати допустиме значення при перекритті 1 м. [7]. Робоча ширина постійно змінюється під час роботи, що суттєво впливає на нерівномірність внесення.

Велика робоча ширина захвату агрегату ускладнює виконання наступного його проходу з дотриманням необхідного перекриття [17-19]. Тому, знаючи робочу ширину захвату машини при внесенні визначеного виду добрив, агрегат ведуть збоку від сліду коліс попереднього проходу на відстані, рівному половині ширини захвату. Застосування даного прийому призводить до суттєвої перевитрати мінеральних добрив і є недопустимим. Для забезпечення рівномірного внесення, при використанні розкидачів з великою шириною захвату, необхідно користуватися сучасними системами керування трактора [13].

Особливістю дискових розкидачів є нерівномірність внесення добрив по ширині, так в середині смуги доза вища ніж по краях. Для вирівнювання норми внесення вони повинні експлуатуватися з перекриттям [17].

Перші конструкції розкидачів мінеральних добрив були однодискові, надалі широкого розповсюдження отримали дводискові розкидачі [20]. Дослідники не мають одностайної думки про необхідну кількість дисків. Велика кількість дослідників вважають, що використання дводискових розкидачів ускладнює конструкцію і зменшує робочу ширину захвату на один диск. В деяких роботах встановлено, що

дводискові розкидачі оскільки структура розкидання має симетричну форму, що зменшує неоднорідність в порівнянні з дводисковими.

### **1.1. Патентний огляд джерел існуючих і запропонованих конструкцій для механізації внесення мінеральних добрив**

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<sup>-1</sup>.

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.

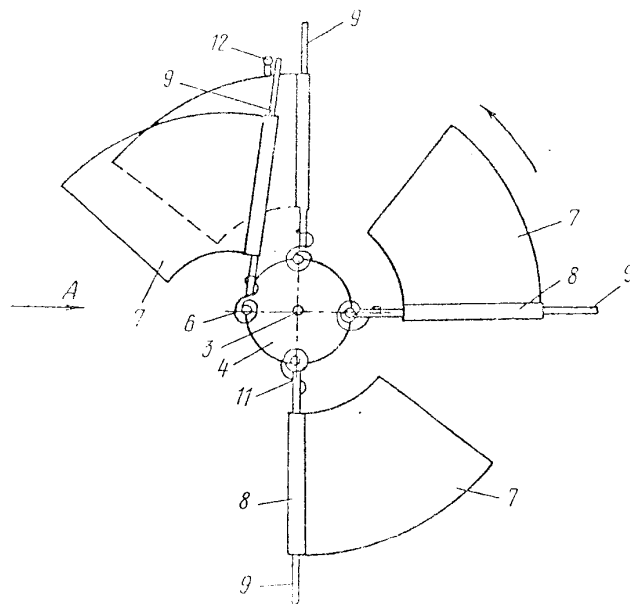
#### **Аналіз патентних джерел**

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 ізступницею 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

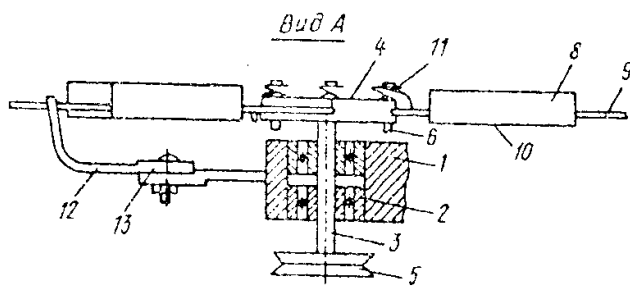
у сегменти 7. До корпусу 1 прикріплений відбивач 12, протилежний кінець якого розташований в зоні руху пальців 9. При цьому відбивач 12 має механізм 13 установки його положення відносно пальців 9 сегментного диску 10.

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, діючи 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.



Фиг. 1



Фиг. 2

Рис. 1.2. 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

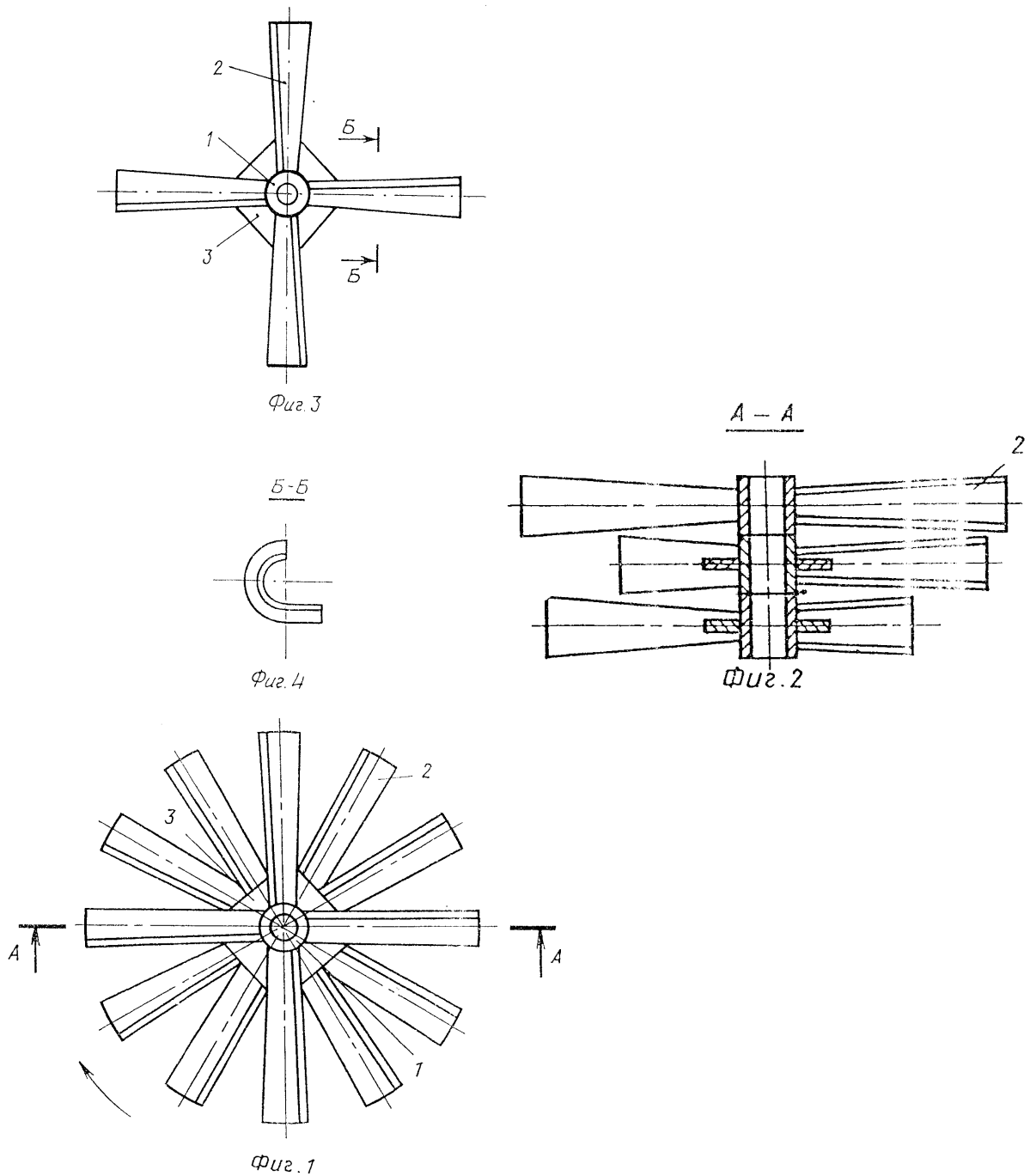


Рис.1.3. фіг.1 - зображено робочий орган; на фіг.2 – розріз А-А на фіг.1, на фіг.3 – променеподібний робочий орган , вид зверху, на фіг.4 – розріз Б-Б

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  $30^\circ$ .

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**

Нерівномірність внесення мінеральних добрив залежить від багатьох факторів, а саме:

- Кількість потоку добрив;
- Точка внесення добрив на поверхню робочого диску;
- Кількість лопатей на диску;
- Довжина розкидаючих лопаток;
- Форма лопаток;
- Кут розкриття лопаток під прямим кутом;

- Висота робочого диску над землею;
- Кількість робочих дисків;
- Швидкість руху агрегату;
- Швидкість робочих дисків;
- Діаметр і форма робочих дисків;
- Кут нахилу робочих дисків.

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. Серед перерахованих вище факторів запропоновано досліджувати тип добрив з урахуванням їх фізичних характеристик, кількість та довжину лопаток, вплив кута внесення добрива на робочу ширину та нерівномірність внесення. Інші фактори були постійні і не враховувалися під час проведення досліджень.

## РОЗДІЛ 2

### ОБЛАДНАННЯ ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Програма і методика 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;
- кути нахилу лопатей до площини обертання диска, град та місце подачі добрив на диск;
- розрахунок параметрів розподілу по поверхні окремо від кожного каналу та одночасно від усіх каналів для різного фракційного складу добрива;
- обчислення шляхом багатofакторного 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. Визначення оптимального місця подачі добрив на диск, 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.

## 2.2. Польові випробування

Під час проведення досліджень використовували розкидач TORNAD INTERNATIONAL KFT (рис. 2.1).



Рис. 2.1 Агрегат для проведення досліджень.

Серійний розкидач обладнаний цепним приводом подачі добрив (рис. 2.2). Нами запропоновано модернізацію приводу подачі за рахунок встановлення стрічкового дозуючого пристрою (рис. 2.3).

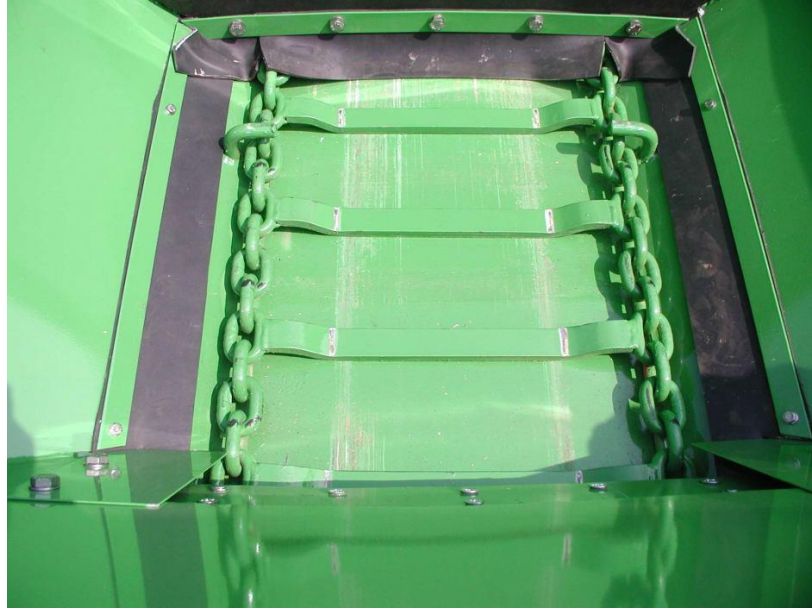


Рис. 2.3. Серійний дозуючий пристрій (ланцюговий привід).



Рис. 2.3. Удосконалений дозуючий пристрій (стрічковий привід).

Різниця між двома дозуючими пристроями в основному заключається в ступені нерівномірності руху і подачі добрив. Для дослідження використовувалися два типи привода дозуючого пристрою.

Кількість добрив на одиницю площі можна змінити за допомогою регулювання зазору.

Конструкція дозуючого тукопровода дозволяє регулювати місце внесення добрив на робочий орган в широкому діапазоні (рис. 2.4)

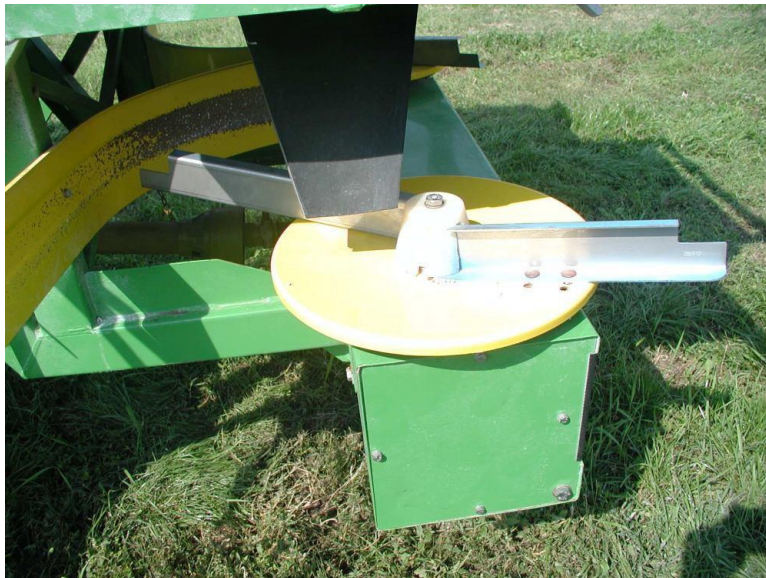


Рис. 2.4. Дозуючий тукопровід.

Регулювання місця дозування забезпечує точну ідентифікацію і правильну повторюваність. Дводисковий розкидач мінеральних добрив може бути обладнаний дволопатеvimи (рис. 2.4) і трьохлопатеvimи (рис. 2.5) розкидаючими дисками.



Рис. 2.5 Трьохлопатеvimий дозуючий пристрій

Дволопатева система краще підходить для внесення невеликої кількості мінеральних добрив тоді як трьолопатева може бути більш доцільна при внесенні великої кількості мінеральних добрив.

В процесі дослідження використовувалися лопаті різної довжини (рис.

2.6). Кут нахилу лопатей.

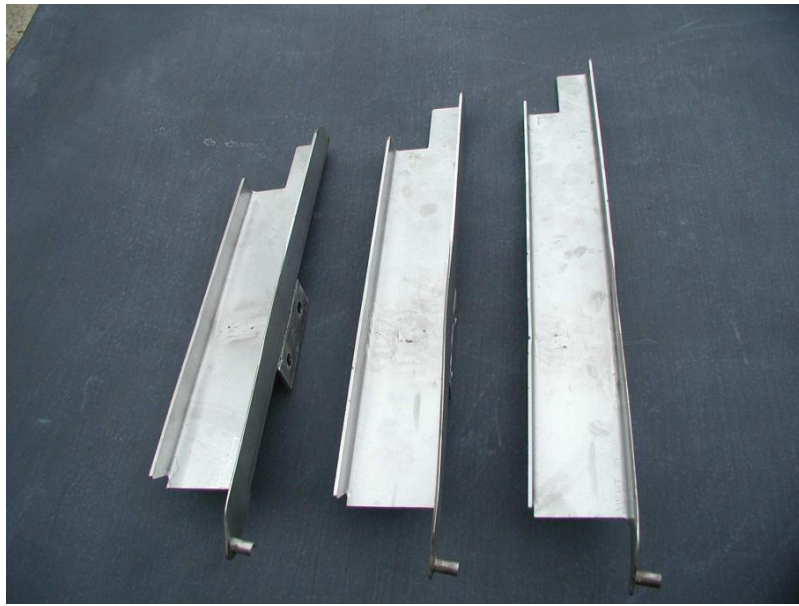


Рис. 2.6. Лопаті, які використовувались під час дослідження



Рис. 2.7. Регулювання кута нахилу лопатей.

Рух потоку добрива по поверхні лопатей досліджували окремо. Для цього поверхні лопатей були покриті спеціальним шаром (рис. 2.8). На основі аналізу зносу поверхневого шару було встановлено, що ступінчаста конструкція кінця лопаті вимагає різних геометричних параметрів для лопатей різної довжини. Це важлива інформація, оскільки видно, що добрива не рухаються паралельно довжині лопатей, а покидає лезо лопаті на висхідному шляху через кут диску. Якщо кінець лопаті робиться ступінчастим для забезпечення рівномірного внесення добрив, висоту сходинки слід обирати різною за розміром

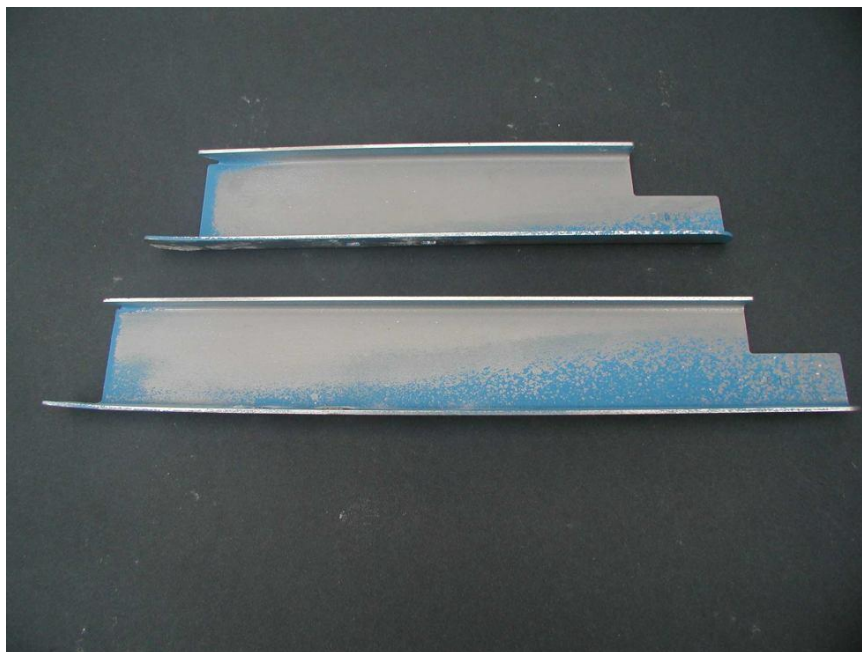


Рис. 2.8. Лопаті покриті фарбою, для дослідження траєкторії руху добрив по поверхні.

За результатами досліджень будують три графіка:

- Поперечний графік розкидання мінеральних добрив для певного налаштування, який показує кількість добрив, зібраний у кожній точці вимірювання (грам) (рис. 2.9);

- Крива розсіювання, яка вказує на співвідношення ширини захвату і розсіювання, яке тримане в результаті різного ступеня перекриття поперечного розкидання (рис. 2.10). Величина перекриття дорівнює нулю, коли ширина розкидання дорівнює робочій ширині.
- Третя діаграма показує поперечний графік розсіювання з перекриттям, зокрема з найменшим перекриттям, при якому нерівність розсіювання залишається нижче 15%. Тоді ми отримуємо максимальну робочу ширину для даного вимірювання

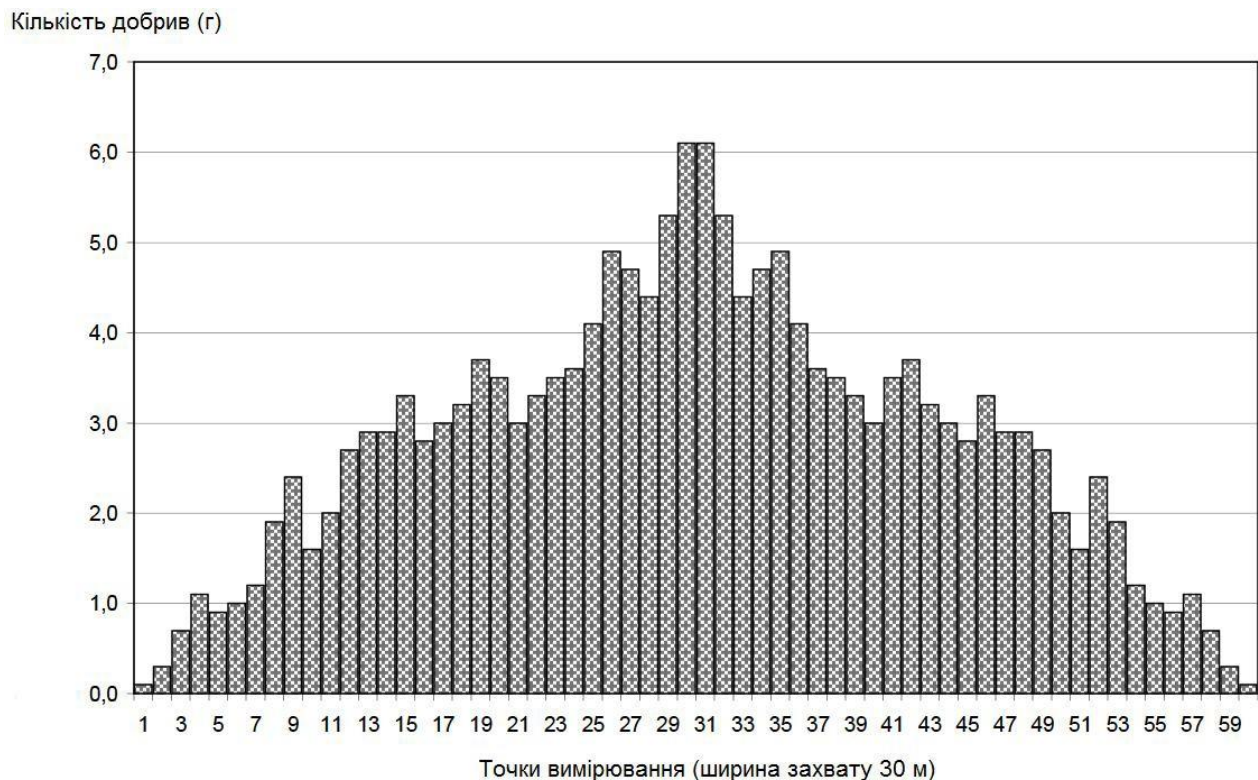


Рис. 2.9. Поперечний графік розкидання мінеральних добрив.

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

Нерівномірність розкидання, CV%



Рис. 2.10 Крива розсіювання.

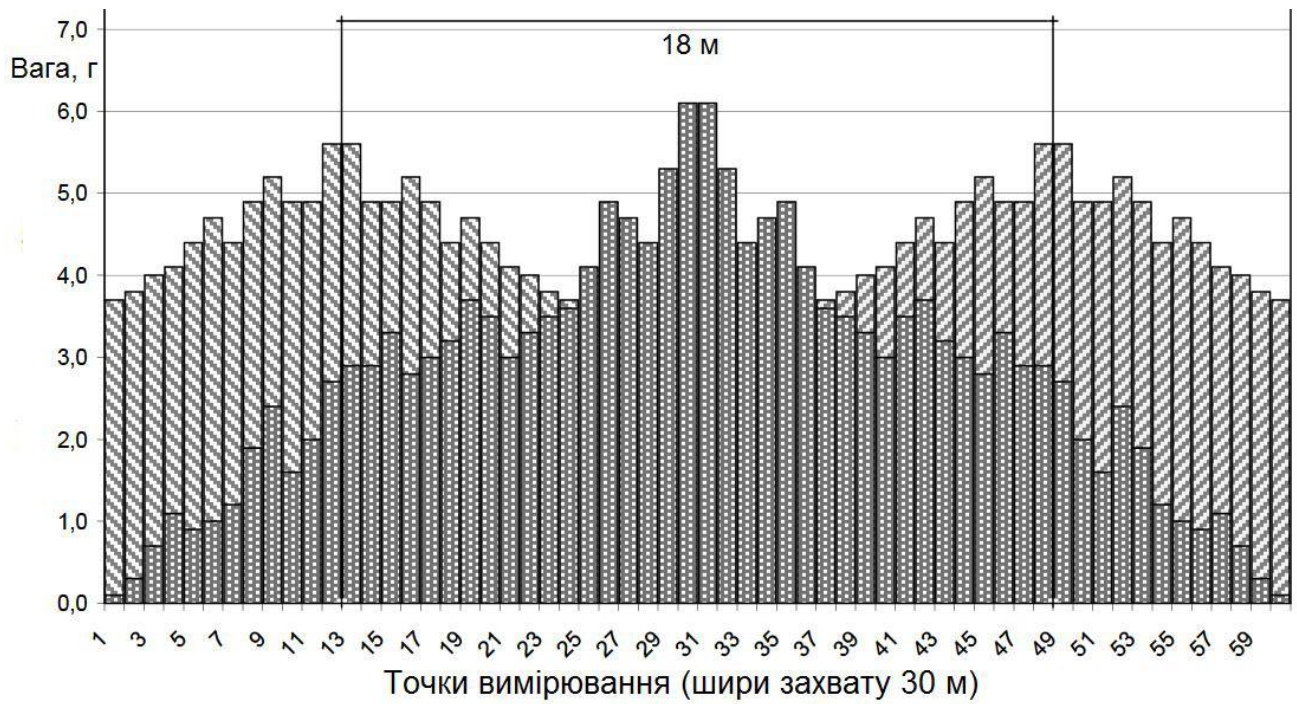


Рис. 2.11 Поперечний графік розсіювання із перекриттями

грунт до початку використання їх рослинами; - обмеження ступеню переміщування водорозчинних форм добрив з грунтом; - оптимальна глибина загортання добрив у грунт; оптимальне просторове розміщення добрив відносно посівних рядків і кореневої системи рослин. Після цього обраховується середнє та максимальне значення відхилення для даної робочої ширини [21].

### **Висновки**

Для обґрунтування доцільності конструкційних змін дискового розкидача мінеральних добрив розроблена методика дослідження впливу конструкційних особливостей розкидача на ширину захвату та нерівномірність розкидання добрив. Рух потоку добрива по поверхні лопатей досліджували окремо.

При використанні існуючого способу регулювання зазору можливо вносити від 50 до 1000 кг/га добрив.

### РОЗДІЛ 3

#### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ




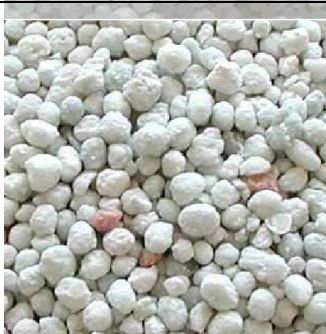
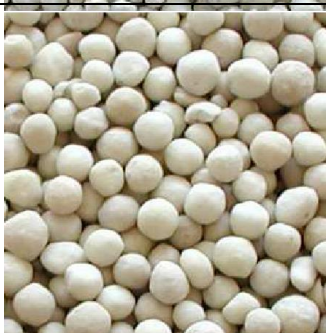
В процесі досліджень використовували 5 видів добрив. Фізичні властивості добрив, які найбільш важливі з точки зору розкидання були визначенні перед початком випробовувань, оскільки досвід показує, що навіть у одного і того ж виробника існують великі відмінності між тими самими добривами з точки зору фізичних характеристик. Розмір частинок визначали за допомогою ситового аналізу ( табл. 3.1).

Таблиця 3.1. – Фракційний склад добрив, що використовувалися під час дослідження

Розмір фракцій, мм	Склад частинок, %				
	Аміачна селітра	Petiso	НРК	Калієва сіль	Карбамід
< 1.00	0,90	0,08	2,57	0,93	2,12
1.00 -2.00	28,10	0,58	5,37	6,73	77,35
2.00 -2.50	28,58	1,10	6,92	15,12	15,93
2.50 -4.00	40,15	63,22	82,68	75,12	4,60
> 4.00	2,27	35,02	2,46	2,10	0.00

Трьох разова повторюваність досліду дозволила отримати дані представлені в таблиці 3.2. Вологість добрива суттєво впливає на його фізико механічні властивості, саме тому її слід вимірювати перед кожним дослідом. Відповідно до діючих в Україні стандартів вологість визначали на зразках добрив вагою 25 г, висушували при температурі 100 °С протягом 72 годин. Вагу зразків вимірювали з точністю до 0,01 мг.

Таблиця 3.2 – Насипна щільність мінеральних добрив

Тип	Склад частинок	Середній розмір $d_{50}$ [mm]	Насипна щільність [kg/dm <sup>3</sup> ]	Вологість [%]
Аміачна селітра 34%		2,38	0,95	0,31
Калієва сіль 60%		3,02	1,13	0,07
Карбамід 46%		1,62	0,74	0,32
НРК 8-24-24%		3,14	0,97	1,42
Petiso 27%		3,65	1,02	0,54

Одним з основних показників для мінеральних добрив є насипна щільність. Щільність визначали за допомогою мірного циліндра 1000 см<sup>3</sup> та вагів.

Визначення впливу точки внесення добрив на диск на ширину захвату виконували за таких умов:

Тип добрива – аміачна

селітра; Кількість

розкидаючих лопаток – 2;

Довжина розкидаючих лопаток – 300/400 мм;

Кут розкидаючих лопаток – постійний (крайне заднє положення)

Подача добрива - постійна (44 кг/хв.). В результаті проведених досліджень отримано результати представлені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Робоча ширина захвату в залежності від точки внесення добрив на диск

І	З	Ж	Є	Е	Д	Г	В	Б	А	
12	10	11	10	11	12	11	10	9	9	9
12	14	11	10	11	13	13	10	13	14	8
12	10	14	13	11	12	11	10	9	9	7
12	10	12	12	15	18	14	16	17	17	6
13	10	12	14	14	20	17	18	18	21	5
12	11	12	17	15	24	20	22	22	22	4
11	11	11	14	17	24	21	25	26	25	3
14	10	11	13	19	23	14	12	14	12	2
11	11	12	11	12	15	12	12	12	14	1
10	10	11	11	11	11	11	10	9	11	0

Далі ми шукали кореляцію між положенням кожного місця дозування та отриманими значеннями робочої ширини. На наступних

гістограмах продемонстровано взаємозв'язок між значеннями радіуса та кута та вимірними значеннями робочої ширини (рис. 3.1).

З гістограм видно, що існує тісний, лінійний зв'язок між значеннями радіуса та кута ( $r_0$ ;  $\psi_0$ ) дозуючих місць (А6, А5 тощо) у заданому напрямку.

Що більш важливо існує також сильна кореляція між значеннями радіуса і кута та робочої ширини.

Можна стверджувати, що із зменшенням значень радіуса та кута робоча ширина збільшується. Таким чином, змінюючи місце дозування в заданому напрямку, відстань від центру диска та кут нахилу, вимірний від лінії, що з'єднує дискові центри, зменшуються лінійно, тоді як робоча ширина також лінійно збільшується. Інші типи добрив та трилопатеві системи мають такий самий результат.

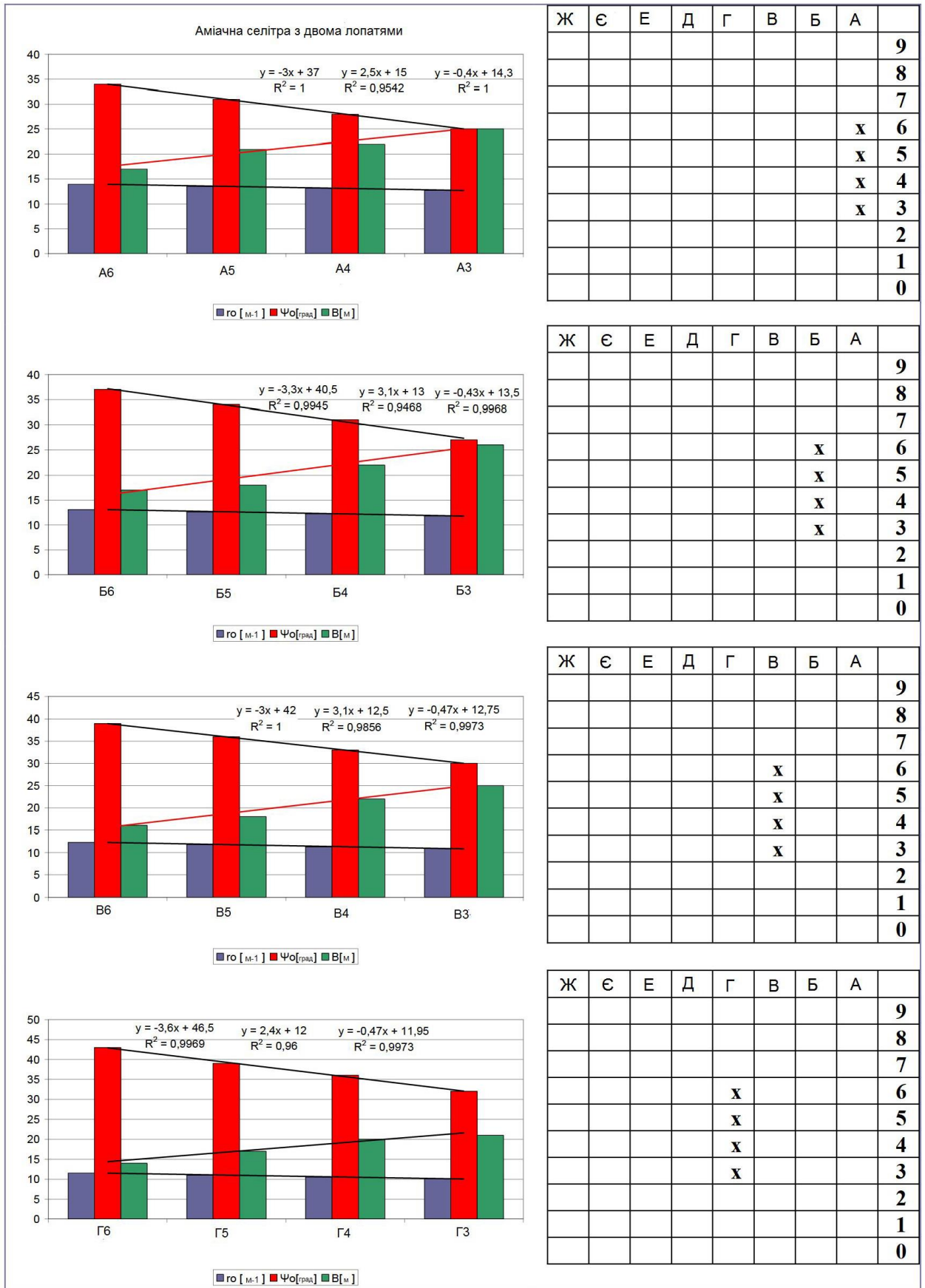


Рис. 3.1. Залежність ширини захвату від місця дозування добрив.

### 3.1. Результати польових випробувань

Змінюючи координати внесення добрив змінюються і ширина захвату. Однак на етапі суттєвого збільшення ширини розкидання добрив необхідно узгодити це технічне рішення з робочою шириною захвату. Суттєве зростання ширини розкидання призводить до зменшення дози внесення в центральній частині ( рис. 3.2). Це призведе до необхідності більш суттєвого перекриття, що призведе до зменшення робочої ширини

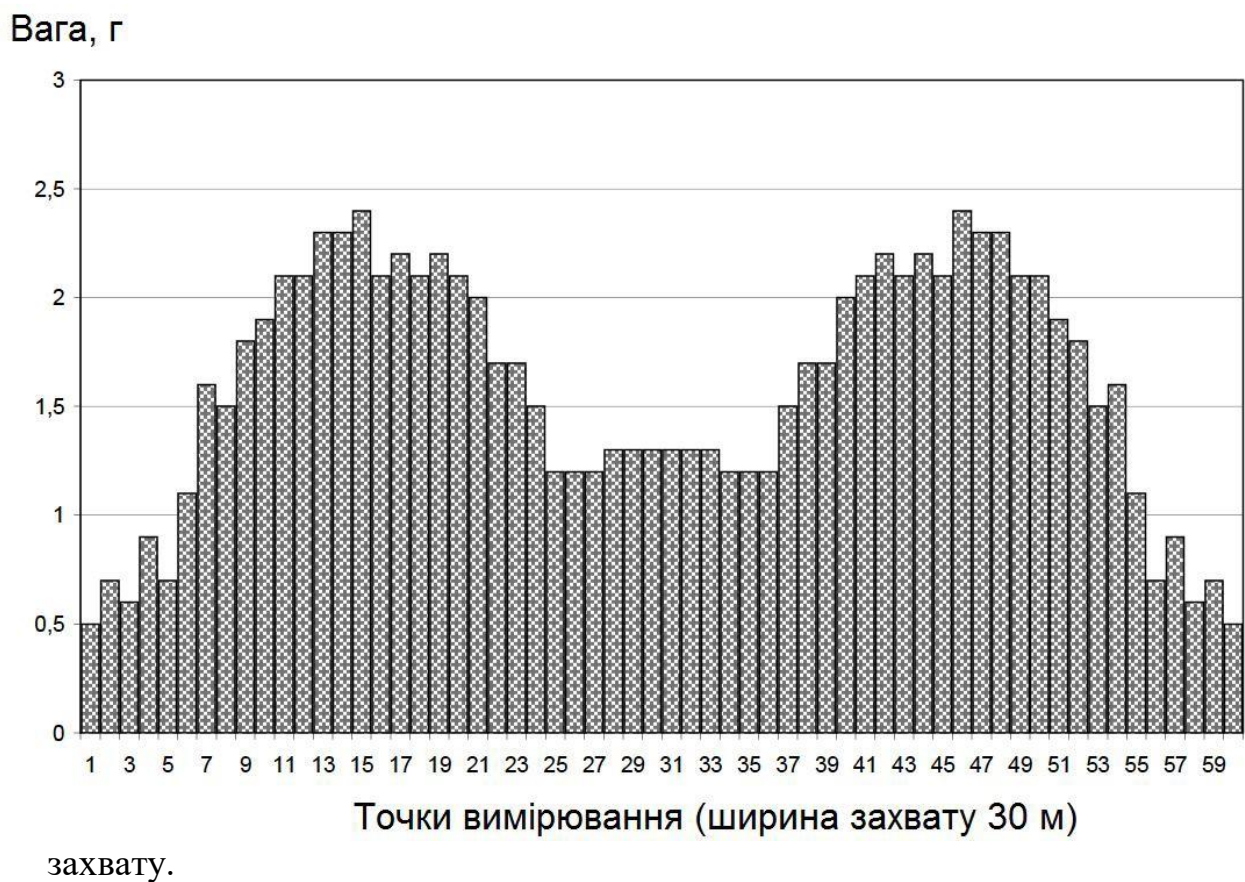


Рис. 3.2. Поперечний графік розсіювання в точці А2.

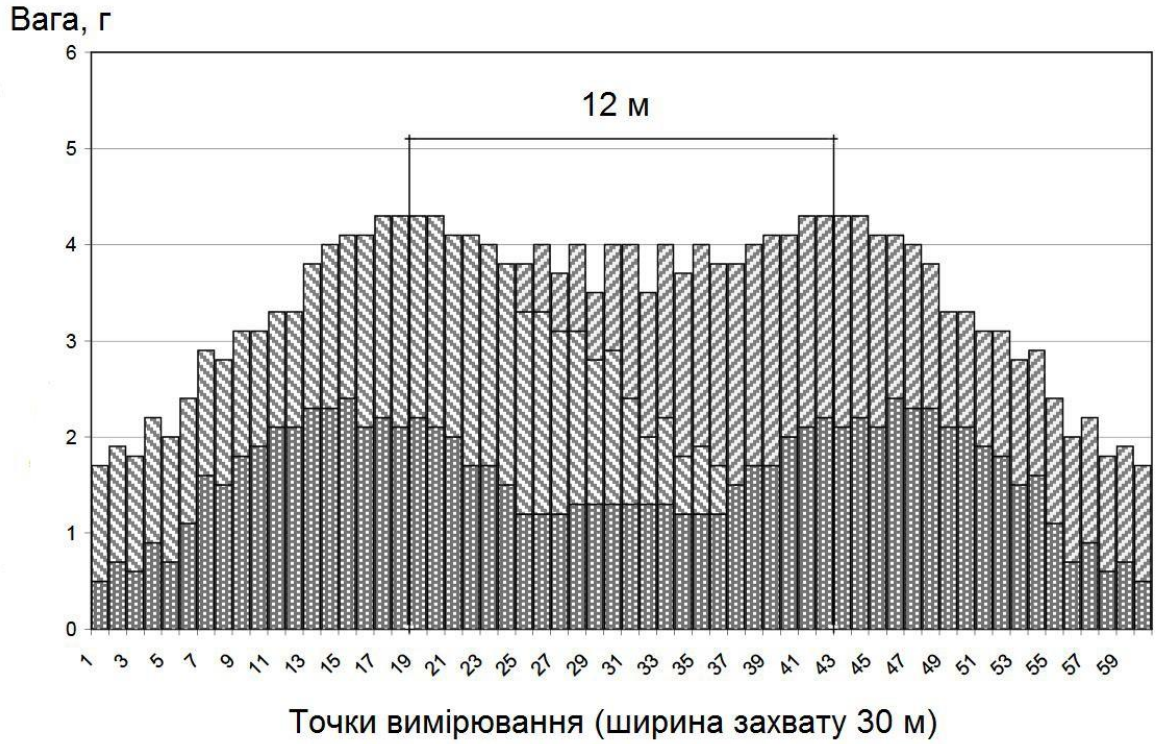


Рис. 3.3. Поперечний графік розсіювання з перекриттям.

Нерівномірність розкидання, CV %

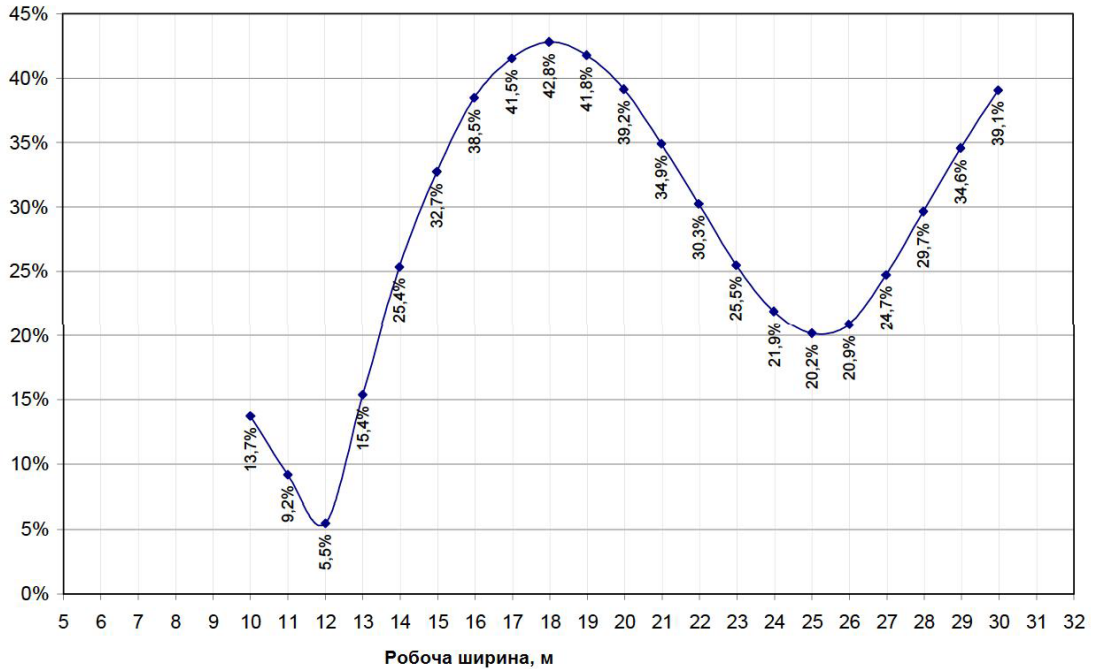


Рис. 3.4. Результати польових випробувань

Для визначення вилучу кута встановлення лопатей були проведена серія досліджень. Місце внесення добрив в точці В2 для серії експериментів було вибрано не випадково, оскільки у цьому місці дозування крива розсіювання має два мінімуми: а саме на 12 метрів і на 25 метрів (рис. 3.4).

Після аналізу теорії розкидання відомо, що зміна кута лопатей у напрямку обертання збільшує ширину розкидання. Результати серії вимірювань підтверджують це, оскільки при стандартному відхиленні 20% робоча ширина збільшилася з 25 метрів до 28 і 29 метрів, коли лопаті були відрегульовані на плюс 5 та плюс 10 градусів вперед у напрямку обертання. Відповідно до встановлених кривих розкидання встановлено, що за рахунок зміни кута довгих лопатей робоча ширина значно збільшується. За допомогою налаштування леза Б/А можна досягти робочої ширини 28 метрів із нерівністю розподілу менше 15%. Відповідно до законів фізики, зміна довжини лопатей може бути найважливішим засобом збільшення робочої ширини. При збільшенні довжини лопатей доцільно збільшувати окружну швидкість. Однак з конструктивних міркувань довжину лопатей не можна збільшувати за певну межу. На основі встановлених закономірностей можна зробити висновок, що довжина леза 400 мм дозволяє досягти робочої ширини 28-30 м. Для зменшення нерівномірності поперечного і поздовжнього розкидання вигідно, якщо лопаті, що використовуються на одному диску, мають різну довжину. Леза різної довжини працюють з різною шириною розкидання, що збільшує можливість створення сприятливого трикутного малюнку розкидання. Це сприяє зменшенню нерівності поперечного розкидання. Якість розкидання мінеральних добрив значно погіршується в разі зношування або пошкодження лопатей робочого органу. Тому необхідно щоб матеріал лопатей зношувався якомога повільніше, зберігаючи початкову форму лопатей. На основі проведених

досліджень встановлено, що знос лопатей є квадратичною функцією часу. Встановлено, що інтенсивність зношування лопатей виготовлених зі сталі 45 набагато більш інтенсивний в порівнянні з лопатями виготовлених зі Ст. 5. Така залежність можна пояснити більш високим вмістом вуглецю в сталі 45, який виступає катодними включення і сприяє інтенсифікації корозійних процесів на поверхнях тертя.

### **Висновки**

В результаті проведених досліджень встановлено необхідність створення матричного дозуючого пристрою дискового розкидача для регулювання ширини захвату та досягнення рівномірного внесення мінеральних добрив. Для рівномірного розкидання мінеральних добрив необхідно для одного робочого органу(диску) виготовляти лопаті різної довжини.

## **4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1. 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.

#### 4.2. 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:

$$K_q = \frac{T}{P} \cdot 1000, \quad (4.1)$$

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

P - кількість працівників, чол.

$$K_q = \frac{2}{128} \cdot 1000 = 15,63$$

Коефіцієнт важкості травматизму визначаємо так:

$$K_{\partial} = \frac{D}{T}, \quad (4.2)$$

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

$$K_m = \frac{105}{2} = 52,5$$

Коефіцієнт втрати робочого часу:

$$K_{\text{в.т.}} = K_{\text{ч}} \cdot K_m = \frac{D}{P} \cdot 1000, \quad (4.3)$$

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

Втрата робочого часу визначаємо за такими показниками:

$$B_{\text{р.ч.}} = \frac{D}{8} \cdot 40, \quad (4.4)$$

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.

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

Втрата коштів на оплату лікарняних:

$$B_{\text{грн.}} = B_{\text{р.ч.}} \cdot 12,5, \quad (4.5)$$

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

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

Аналогічно проводимо розрахунки виробничого травматизму за іншими

роками. Всі отримані данні отримані під час розрахунку за 2021 - 2025 роки заносимо до таблиці 4.1.

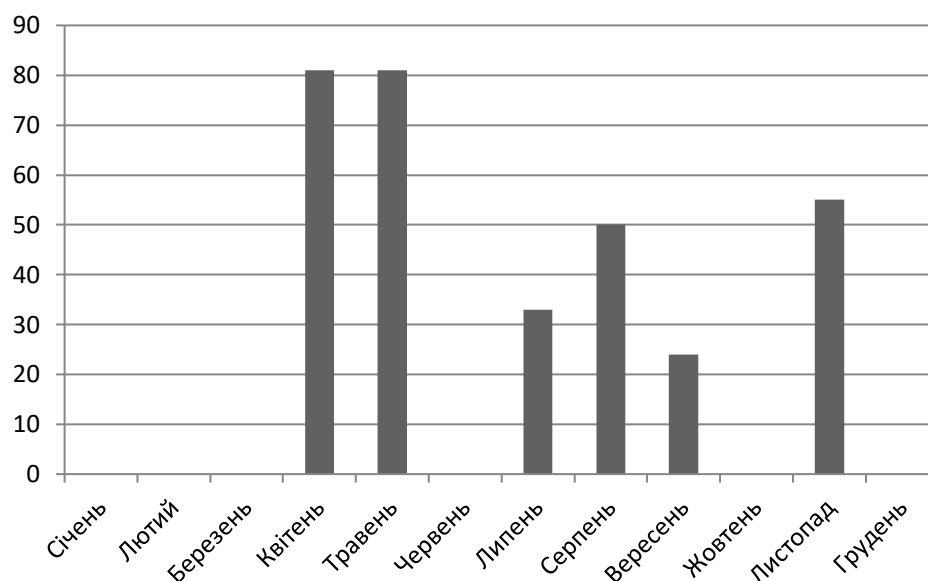


Рис.4.1 Рівень виробничого травматизму та втрати працездатності по місяцям за 5 років

Таблиця 4.1. - Характеристичні показники травматизму на господарстві ТОВ «АФ «Колос» за 2021-2025 роки

Показники	Роки				
	2021	2022	2023	2024	2025
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

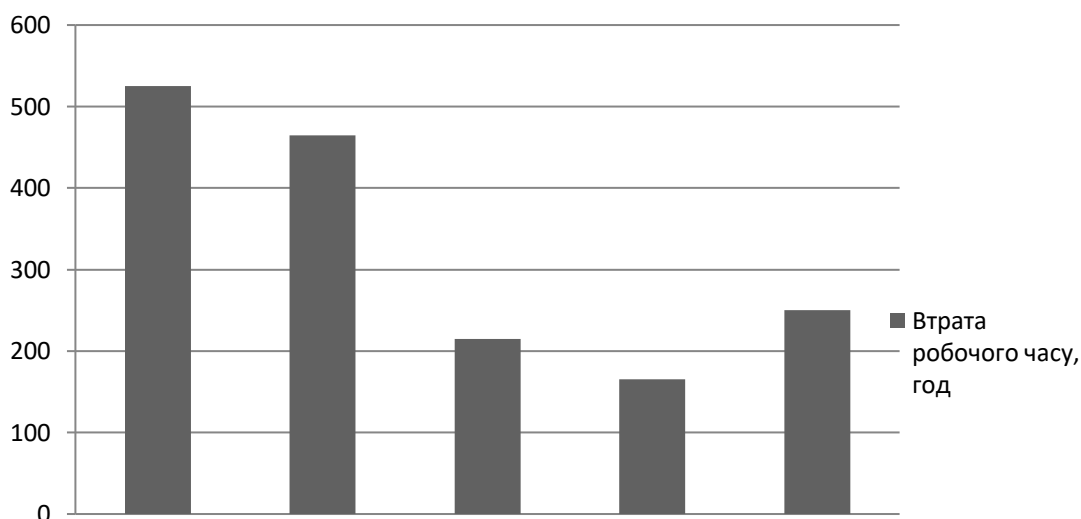


Рис.4.2 Втрата робочого часу внаслідок виробничого травматизму за 5 років

Підсумовуючи, можна сказати, що за період з 2021 – 2025 року в господарстві зменшилось кількість виробничого травматизму, але причини залишилися. З рис.4.1 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.

#### **4.3. 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 4.2 - Заходи з поліпшення вимог охорони праці

№ п/п	Зміст заходів	Потрібно коштів, грн.	Періодичність	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
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 ділянці 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 ділянок посадові	60	Одноразово	Головний економіст; інженер з охорони праці
9	Провести лабораторні випробування захисного заземлення в електроприладах	-	Одноразово	Відповідальний за електробезпеку;
10	Дообладнати всі виробничі ділянки засобами пожежогасіння	1060	Одноразово	Інструктор з пожежної безпеки
11	Доповнити медикаментами аптечки на всіх виробничих ділянках	500	Щомісячно	Головний інженер; інженер з охорони праці
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

### **Висновки.**

При проведенні робіт по утепленню 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.

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

## 5. 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.

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.5.1.

Таблиця 5.1

### Вихідні дані для розрахунку

Найменування	Умовне позначення	Од. вимірювання	Машина	
			Базова	Експерим.
1	2	3	4	5
1. Агрегатується з трактором	-	-	МТЗ-82.1	МТЗ-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 виробітку - тракторист	$\tau_m$	грн/га	21,18	21,18

Продовження таблиці 5.1

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	$Ц_n$	грн/кг	50	50
12. Балансова ціна				
- трактора	$Ц_{\delta m}$	грн	166992	166992
- розкидача	$Ц_{\delta \delta}, Ц_{\delta n}$	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	$Ц_c$	грн	40000	40000

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].

Галузева собівартість нового знаряддя визначається за формулою:

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

де  $C_r$  – галузева собівартість, грн.;

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

$\lambda$  – 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.

$$M_o = 0,65 \cdot (1 + 0,1 + 0,07) \cdot 70000 = 5324 \text{ грн.}$$

$$C_r = 53324 \text{ грн.}$$

Відпускна (оптова) ціна машини:

$$Ц_{o.ц.} = C_r + П_n,$$

де  $\Pi_n$  – нормативний прибуток, грн.

$$\Pi_n = \frac{P_c \cdot C_z}{100},$$

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

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

Таблиця 5.2

**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

На основі аналізу літературних джерел та результатів експериментальних досліджень можна зробити наступні висновки:

Матричний дозуючий пристрій дозволяє регулювати дуже точну подачу добрив на поверхню робочого органу, що забезпечує вирішення лінійної зміни робочої ширини. Дуже точне регулювання означає точність у поздовжньому напрямку 5 мм та менше 3° за кутовим значенням.

Зміна кута лопатей дозволяє змінювати ширину захвату з 12 до 28 метрів. Зростання ширини захвату призводить до зростання росту нерівномірності внесення добрив.

Зміна робочої ширини дволопатевого та трьохлопатевого робочих органів обернено пропорційна довжині лопаті та кутовим значенням координат дозування. Дволопатево робочі органи дозволяють досягати більшої ширини захвату при однакових місцях дозування, в середньому на від 3 до 12 метрів.

На основі проведених досліджень встановлено, що найкращий результат по рівномірності внесення мінеральних добрив можна досягнути при умові, що всі лопатки мають різну довжину.

Результати випробовування інтенсивності зношування лопаток дозволили встановити, що лопатки зі менш якісної сталі мають вищу зносостійкість в порівнянні з конструкційними сталями підвищеної якості.

Розглянувши стан охорони праці в господарстві, можна характеризувати його як не задовільний. Всього за 4 роки було 13 нещасних випадків, а в 2021 та 2025 роках – 4. Найбільша кількість

травм приходиться на механізаторів. Причинами нещасних випадків була робота на несправних машинах, механізмах та при ремонті техніки.

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.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Даниленко А. С., Горлачук В. В., В'юн В. Г., Песчанська І. М., Сохнич А. Я. Управління відтворенням і збереженням родючості ґрунту у контексті сталого розвитку природокористування. Миколаїв: Вид-во ПП "Гліон", 2003. 39 с.
2. Степук Л.Я. Механізація процесів хімізації і екологія. Дніпро. 2003. 272 с.
3. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів : НВФ «Українські технології», 2010. 108с.
4. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Машини для приготування і внесення добрив. Харків : Око, 2002. Т. 1, ч. 3. 352 с.
5. Ценюх Я. Тенденції розвитку конструкцій розкидачів мінеральних добрив. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України : зб. наук. праць*. Дослідницьке, 2009. Вип. 13. С. 198-211.
6. Адамчук В. В. Дослідження інтенсивності сходження мінеральних добрив з відцентрових розсівальних робочих органів. *Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження*. 2008. № 12, т. 2. С. 207-217.
7. Кобець А. С. Обґрунтування конструкції відцентрового розкидача мінеральних добрив. *Сільськогосподарські машини : зб. наук. праць*. 2014. Вип. 29-30. С. 42-53.
8. Адамчук В. В. Аналіз рівнянь розгону частинки мінеральних добрив відцентровим розсіювальним органом. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для*

*сільського господарства України. Зб. наук. пр. та випробування УкрНДІПВТ ім. Погорімого. 2004. С. 327–333.*

9. Гевко Р. Б. *Машини сільськогосподарського виробництва : навчальний посібник. Тернопіль : ТДПУ, 2005. 228 с.*
10. *Техніка сільськогосподарська. Тривалість та агросроки проведення випробувань. КНД.46.16.02.16-97. 40 с.*
11. 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.*
12. Bulgakov. V., Btloev N., 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.*
13. Дереза О.О., Леженкін О.М, Вершков О.О., Гавриленко Є.А., Смєлов А.О., Дмитрієв Ю.О. *Інженерна механіка (деталі машин) Посібник-практикум №2. Мелітополь 2021. С.133*
14. ДСТУ 8426:2015 *Машини для внесення твердих мінеральних добрив. Загальні технічні вимоги [Чинний від 2017-07-01]. Київ : Держстандарт України, 2015. 15 с.*
15. 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.*
16. ДСТУ 4397:2005 *Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробування [Чинний від 2006-01-01]. Київ : Держстандарт України, 2005. 10 с.*
17. *Інтернет джерела. Технічні характеристики машин для внесення мінеральних добрив*

18. 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
19. Кравчук В.І. Сучасні тенденції розвитку конструкції с.-г. техніки/ М.І. Грицигінна, С.М. Ковалюк, - К.: Аграрна наука, 2004. 396 с.
20. Мельник В.І. Романащенко 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.
21. Мінеральні добрива: види, характеристика, застосування <https://agroapp.com.ua/uk/blog/mineralni-dobryva-vydy-harakterystyka-zastosuvannya/> (23.02.2024).
22. Машины для внесения минеральных і органических удобрений. Захист рослин. Режим доступу: <https://ukragrozapchast.com.ua/ru/mashini-dlya-vnesenya-m-neralnih-organ-chnih-dobriv-zahist-rosl/> (23.12.2023)
23. 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 ;
24. 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.)
25. 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 \(rada.gov.ua\)](#)
26. \_Проспект фірми “Big Wheels” (США).
27. \_Проспект фірми “Amazonen- Werke” (ФРН).
28. \_Проспект фірми “Big Wheels” (США).

29. Проспект фірми “Bredal” (Данія).
30. Розкидач мінеральних добрив <https://grassfield.com.ua/catalog/tehnika/rozkydachi-dobryv-0> (05.02.24)
31. <https://rauch.de/ua/> Розкидач мінеральних добрив (05.02.24)
32. Rauch TWS järelveetavad väetisekülvikud [https://www.agroproff.ee/rauch-tws-jarelveetavad-vaetisekulvikud/\(10.05.2024\)](https://www.agroproff.ee/rauch-tws-jarelveetavad-vaetisekulvikud/(10.05.2024))
33. Разбрасыватель удобрений TWS 85.1 <https://rauch.eaa.by/rauch-tws-85/> (11.04.2024)
34. RAUCH - інноваційні розкидачі добрив і розкидачі протижеледних матеріалів. Режим доступу: <https://rauch.de/ru/servis/zagruzki-infoteka/razbrasyvateli-udobrenii/tws.html> (08.03.2024)
35. Тверді та рідкі мінеральні добрива <https://yablukom.ua/ua/interesno-znat/tverdye-i-zhidkie-minerelnyie-udobreniya/> (01.05.2024)
36. 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 ДОЦІЛЬНОСТІ КОНСТРУКЦІЙНИХ**

**ЗМІН РОЗКИДАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ**

**Демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»**

**Виконав: студент 2го курсу, групи МГАІ-3-24  
Євген АЛДУШИН**

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

**Дніпро 2025**

## Мета і задачі дослідження

**Мета дослідження**– підвищити продуктивність дискових розкидачів мінеральних добрив з одночасним зменшенням нерівномірності внесення мінеральних добрив.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

- провести аналіз літературних джерел з питань забезпечення рівномірності внесення мінеральних добрив дисковими розкидачами;
- запропонувати конструкційні зміни розкидача мінеральних добрив та розробити методику експериментальних досліджень;
- провести польові випробовування .

**Об’єкт дослідження** процес розкидання мінеральних добрив дисковими (відцентровими) розкидачами мінеральних добрив.

**Предмет дослідження** взаємозв’язок конструкційних параметрів дискового (відцентрового) розкидача мінеральних добрив з робочою шириною захвату та якістю розкидання мінеральних добрив.

**Методи дослідження** Дослідження виконано з використанням загальнонаукових методів пізнання, методів землеробської механіки та прикладної фізики. Обробку експериментальних досліджень виконано із застосуванням методів математичної статистики.

## ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ЗА ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРИНЦИПОМ

- ✓ Машини для основного внесення добрив у період підготовки ґрунту для сієви (основне внесення)
- ✓ Машини для внесення добрив одночасно з сівою (стартове внесення)
- ✓ Машини для внесення добрив під час вегетації рослин (підживлення)

## МАШИНИ ДЛЯ ОСНОВНОГО ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ, ЗАЛЕЖНО ВІД ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

ТРАКТОРНІ                      АВТОМОБІЛЬНІ                      САМОХІДНІ                      АВІАЦІЙНІ

### МАШИНИ ДЛЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ЗА

призначенням	способом агрегування	типом робочих органів			
для внесення твердих, підготовк навантаж порохоподібних МД МД	причіпні самохідні напівпричіпні	тукові сівалки агрегату	штангові розкидачі МД	навісні причіпні розміри машини	ПНЕВМАТИЧНІ ПНЕВМІ ПНЕВМІ СТІЧКОВІ
навантаж твердих і рітких	причіпні самохідні напівпричіпні	машини, робоча ширина захвату яких дорівнює конструктивній ширині	машини, робоча ширина захвату яких значно перевищує габаритні розміри машини	навісні причіпні напівпричіпні	ПНЕВМАТИЧНІ ПНЕВМІ СТІЧКОВІ
внесення твердих і рітких	причіпні самохідні напівпричіпні	машини, робоча ширина захвату яких значно перевищує габаритні розміри машини	машини, робоча ширина захвату яких значно перевищує габаритні розміри машини	навісні причіпні напівпричіпні	ПНЕВМАТИЧНІ ПНЕВМІ СТІЧКОВІ



## **Програма і методика експериментальних досліджень**

Розроблено програмою експериментальних досліджень передбачено проведення лабораторних і польових випробувань

### **Лабораторні дослідження включили**

- визначення основних механіко-технологічних властивостей добрив, що використовуютьс'яв досліддах;
- кути нахилу лопатей до площини обертання диска, град та місце подачі добрив на диск;
- розрахунок параметрів розподілу по поверхні окремо від кожного каналу та одночасно від усіх каналів для різного фракційного складу добрива;
- обчислення шляхом багатого факторного експерименту конструктивних параметрів диска, за яких розподіл є найбільш наближеним до рівномірного;
- визначення для диска з оптимальними параметрами впливу на кінцевий розподіл добрив в ітру різної направленості і швидкості;
- встановлення впливу на кінцевий розподіл коливальності висоти розташування диска та кута нахилу відносно поверхні ґрунту

### **Програма польових випробувань передбачала**

1. Визначення оптимального місця подачі добрив на диск, 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 розробленими розкидачами.

## Польові випробування



Агрегат для проведення досліджень



Серійний дозуючий пристрій



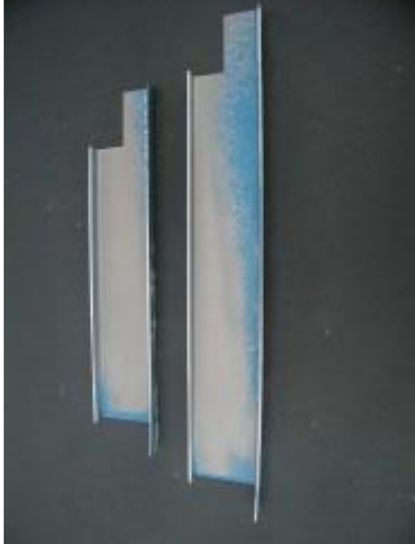
Удосконалений дозуючий пристрій



Дозуючий тукопровід

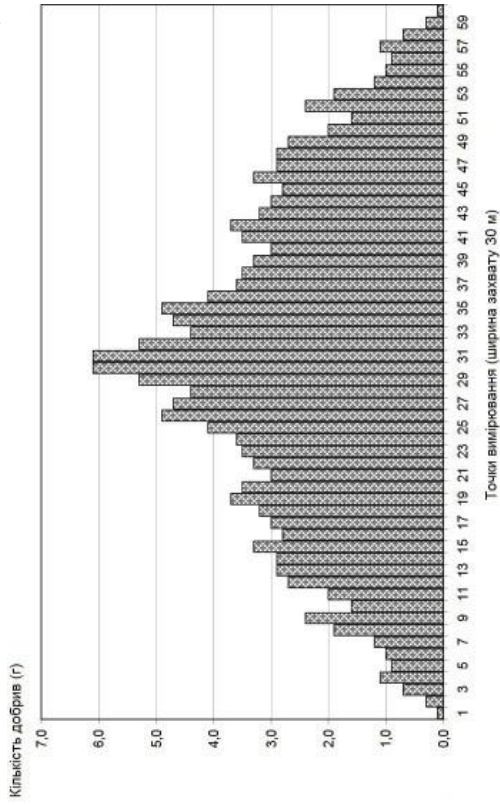


Трьохлопатевий дозуючий пристрій

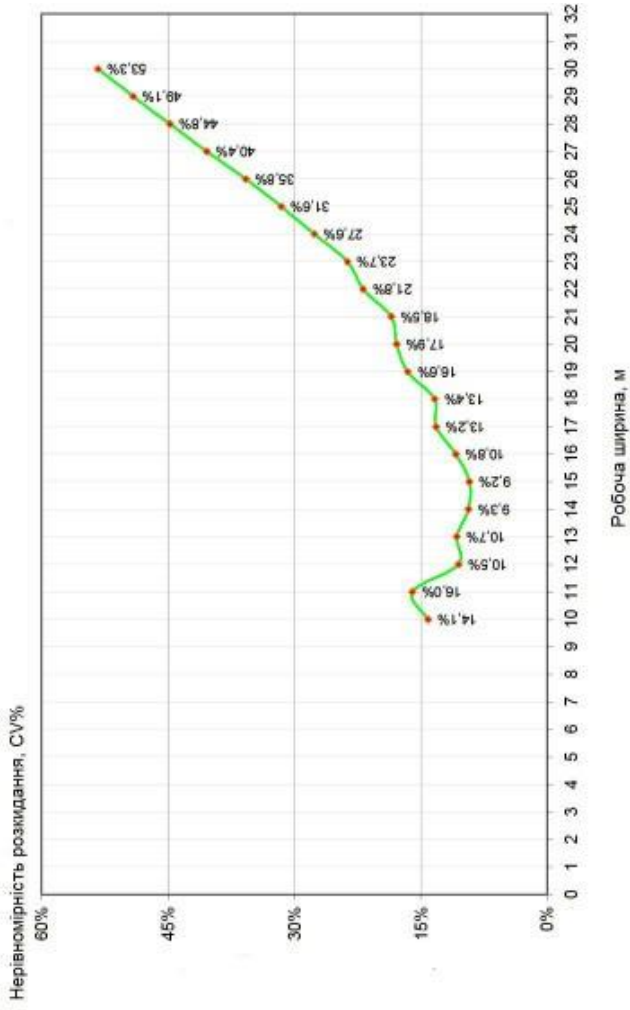
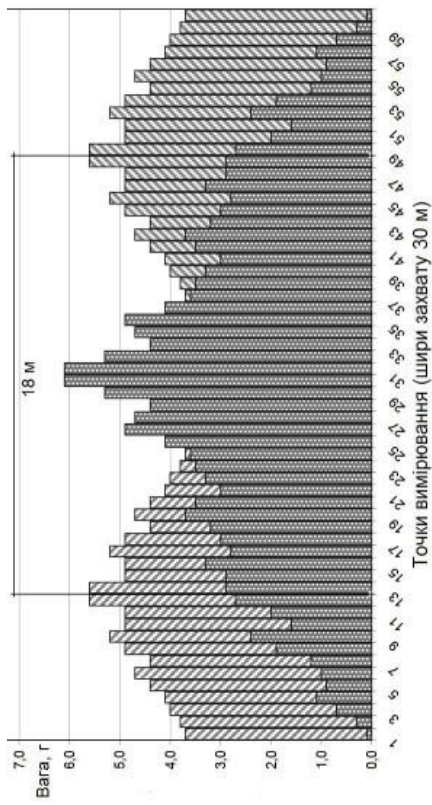


Лопаті покриті фарбою, для дослідження траєкторії руху добрив паперхні

## Результати досліджень



### Поперечний графік розкидання мінеральних добрив



### Крива розсіювання

### Поперечний графік розсіювання із перекриттями

### Основні техніко-економічні показники машини для внесення мінеральних 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	<b>Термін окупності</b>	<b>років</b>	<b>-</b>	<b>0,3</b>

## ВИСНОВКИ

На основі аналізу літературних джерел та результатів експериментальних досліджень можна зробити наступні висновки:

Матричний дозуючий пристрій дозволяє регулювати дуже точно подачу добрив на поверхню робочого органу, що забезпечує вирішення лінійної зміни робочої ширини. Дуже точне регулювання означає точність у поздовжньому напрямку 5 мм та менше 3° за кутовим значенням.

Зміна кута лопатей дозволяє змінювати ширину захвату з 12 до 28 метрів. Зростання ширини захвату призводить до зростання росту нерівномірності внесення добрив.

Зміна робочої ширини дволопатевого та трьохлопатевого робочих органів обернено пропорційна довжині лопаті та кутовим значенням координат дозування. Дволопатеві робочі органи дозволяють досягати більшої ширини захвату при однакових місцях дозування, в середньому на від 3 до 12 метрів.

На основі проведених досліджень встановлено, що найкращий результат по рівномірності внесення мінеральних добрив можна досягнути при умові, що всі лопатки мають різну довжину.

Результати випробування інтенсивності зношування лопаток дозволили встановити, що лопатки зі менш якісної сталі мають вищу зносостійкість в порівнянні з конструкційними сталями підвищеної якості.

Розглянувши стан охорони праці в господарстві, можна охарактеризувати його як не задовільний. Всього за 4 роки було 13 нещасних випадків, а в 2021 та 2025 роках – 4. Найбільша кількість травм приходить на механізаторів. Причинами нещасних випадків була робота на несправних машинах, механізмах та при ремонті техніки.

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