

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерії та енергетики**

**Кафедра машиновикористання та сервісу технологічних систем**

**Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису**

**СТУЖУК АНДРІЙ ВІТАЛІЙОВИЧ**

**УДК 631.333.5**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Обґрунтування доцільності конструкційних змін  
розкидача мінеральних добрив**

**208 “Агроінженерія”**

**Подається на здобуття освітнього ступеня магістр**

кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело \_\_\_\_\_ А.В. Стужук

**Керівник роботи**

**Куликівський В.Л.**

**кандидат технічних наук**

**Житомир – 2020**

## АНОТАЦІЯ

**Стужук Андрій Віталійович. Обґрунтування доцільності конструкційних змін розкидача мінеральних добрив. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2020.

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.*

## ANNOTATION

**Stuzhuk Andrey Vitalyevich. Substantiation of expediency of structural changes of the mineral fertilizer spreader.** – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2020.

In the master's thesis the literature sources on the issues of ensuring the uniformity of mineral fertilizers by disk spreaders and increasing the efficiency of their use are analyzed.

The proposed design of the matrix dosing device allows you to adjust the exact supply of fertilizer to the surface of the working body, which provides a solution to the problem of precise linear change of the working width. Very precise adjustment of the fertilizer supply to the implement means an accuracy in the longitudinal direction of 5 mm and less than 3 ° in angular value. Changing the angle of the blades allows you to change the width of the grip from 12 to 28 meters. The increase in the width of the capture leads to an increase in the uneven application of fertilizers.

On the basis of the conducted researches it is established that the best result on uniformity of entering of mineral fertilizers can be reached on condition that all shovels have various length.

The results of testing the intensity of wear of the blades revealed that the blades made of lower quality steel have higher wear resistance compared to structural steels of higher quality.

Key words: spreader, mineral fertilizers, shovels, disk, width of capture, non-uniformity.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ПИТАНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІВНОМІРНОСТІ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ ДИСКОВИМИ РОЗКИДАЧАМИ.....	8
РОЗДІЛ 2. ОБЛАДНАННЯ ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	13
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	20
ВИСНОВКИ.....	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	29

## ВСТУП

Завдяки великій кількості чорноземів Україна в основному є аграрною країною. На сьогоднішній 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 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.

#### **Перелік публікацій за темою роботи:**

1. **Стужук А.В.** Обґрунтування доцільності збільшення робочої ширини розкидача мінеральних добрив. Збірник матеріалів I Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції *«Теорія і практика сучасної науки очима молоді»* 26 березня 2020 року (проведено он-лайн 30 квітня 2020 року) м. Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка. С. 75-76.

2. Куликівський В. Л., **Стужук А. В.** Вплив нерівномірності внесення добрив на врожайність кормових культур. IX Міжнародна науково-технічна конференція *«Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві»* (05-24 жовтня 2020 р.). [Електроний ресурс] – <http://animal-conf.inf.ua/conf.html>.

3. **Стужук А. В.** До питання раціональної ширини захвату розкидачів мінеральних добрив. Матеріали XXI Міжнародної наукової конференції *„Сучасні проблеми землеробської механіки”* присвяченої 90-річчю Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка та 120-й річниці з дня народження академіка Петра Мефодійовича Василенка. 17 – 18 жовтня 2020 року Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка. С. 81.

**Практичне значення одержаних результатів.** Основні результати магістерської роботи спрямовані на вдосконалення конструкції та оптимізації режимів експлуатації розкидачів мінеральних добрив.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 21 найменування. Загальний обсяг роботи становить 31 сторінка комп'ютерного тексту, містить 3 таблиці і 16 рисунків.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ПИТАНЬ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РІВНОМІРНОСТІ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ 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 використовувався пластинчастий та дисковий розкидач добрив. Для забезпечення екстремальних значень також використовувалось 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].

Урожайність (%)

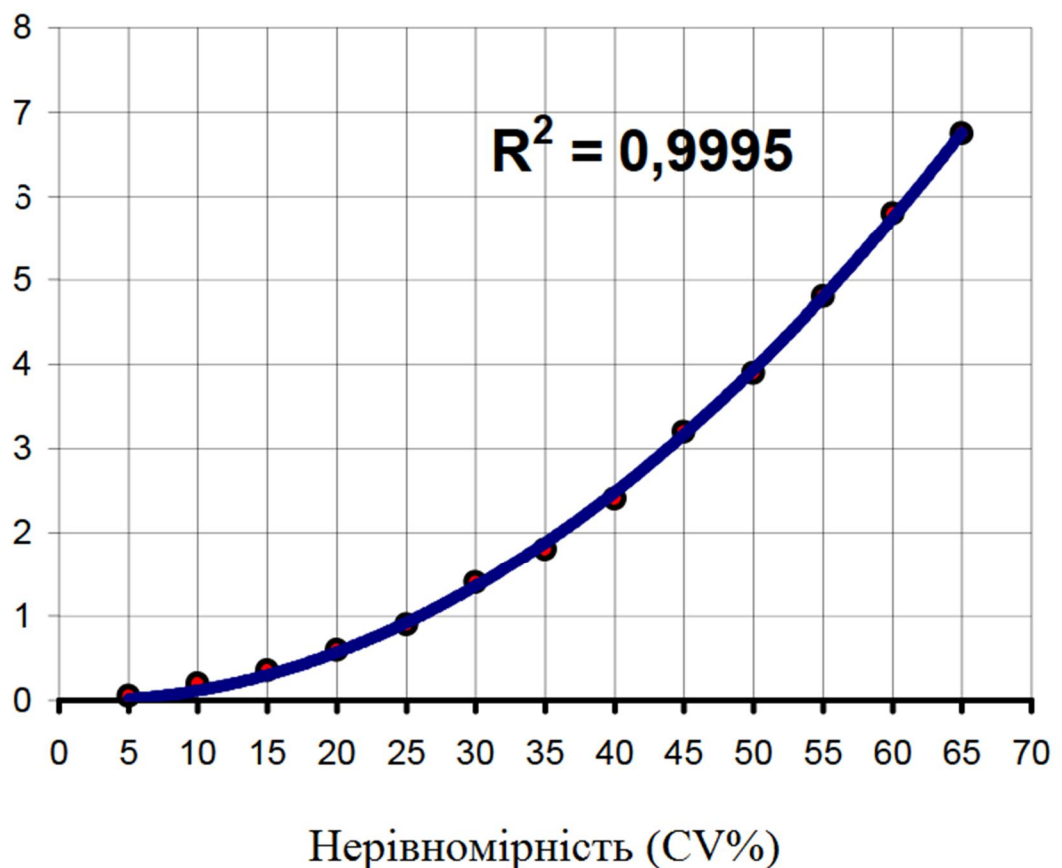


Рис. 1.1. Вплив нерівномірності внесення добрив на урожайність.

Також було встановлено, що нерівномірний розподіл на площі менше 0,5 м<sup>2</sup> 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 1м. [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 ширин, 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.

### **Висновки по розділу 1**

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.

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

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).

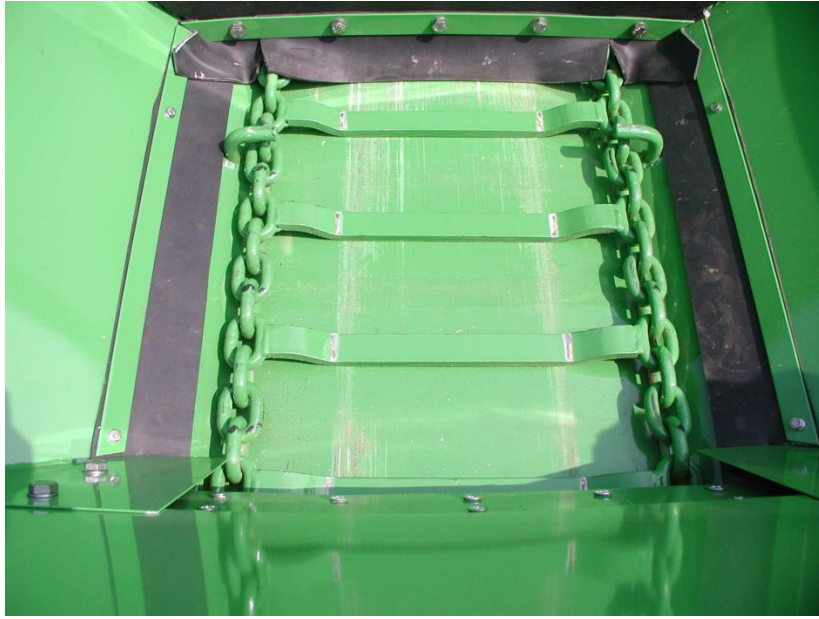


Рис. 2.3. Серійний дозуючий пристрій (ланцюговий привід).



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



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 дволопатевими (рис. 2.4) і трьохлопатевими (рис. 2.5) розкидаючими дисками.



Рис. 2.5 Трьохлопатевий 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.

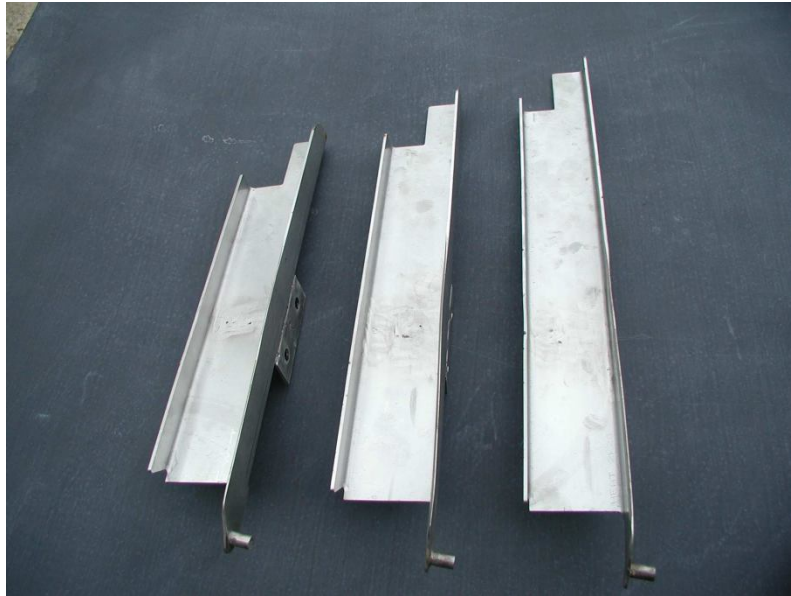


Рис. 2.6. Лопаті, які використовувались під час дослідження

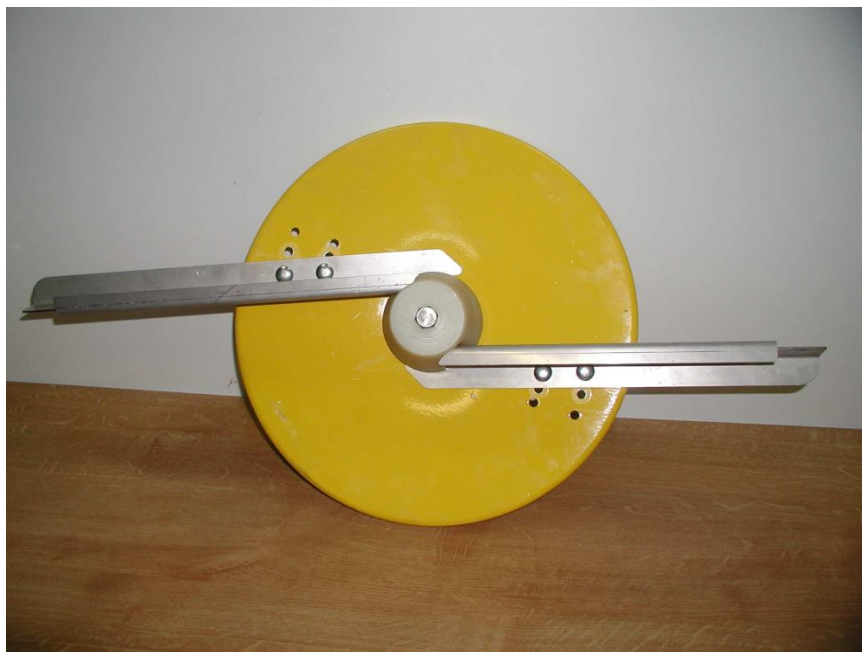


Рис. 2.7. Регулювання кута нахилу лопатей.

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

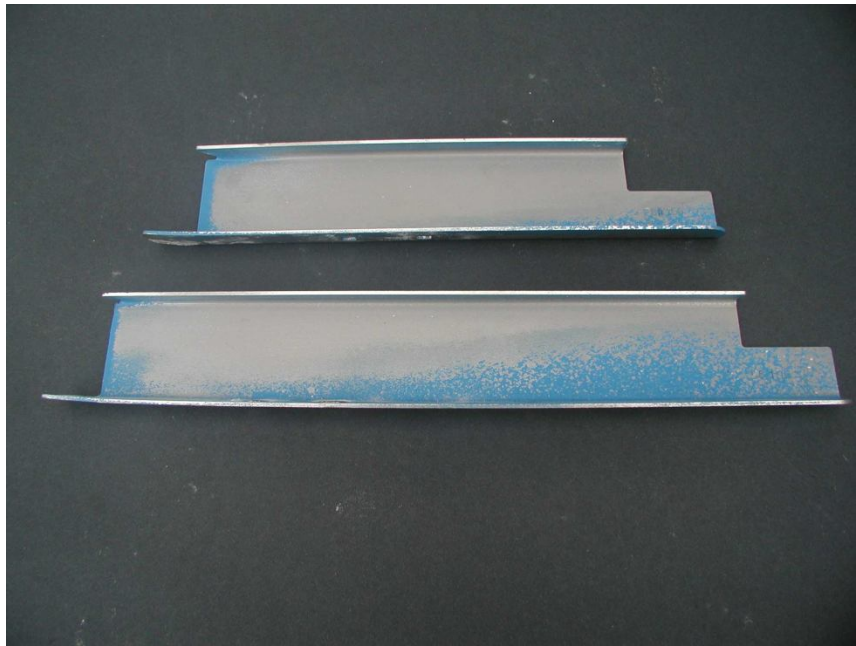


Рис. 2.8. Лопаті покриті фарбою, для дослідження траєкторії руху добрив по поверхні.

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

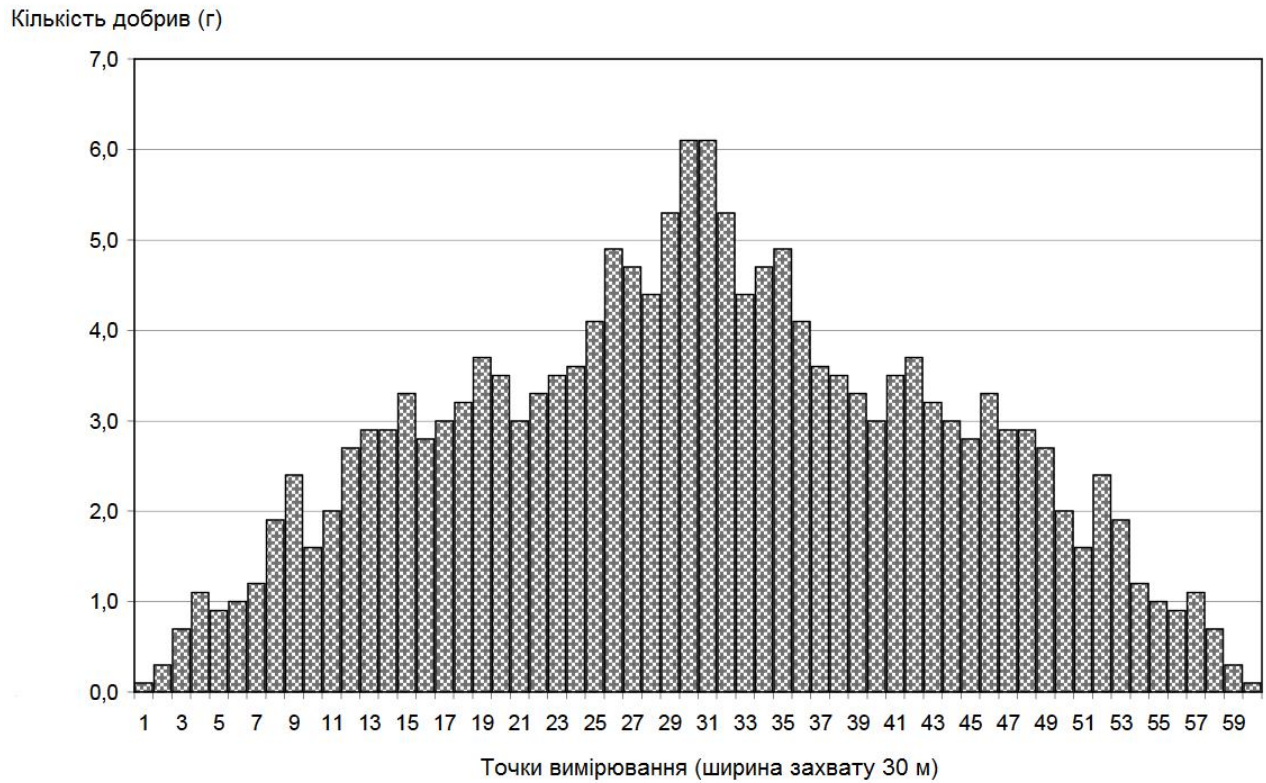


Рис. 2.9. Поперечний графік розкидання мінеральних добрив.

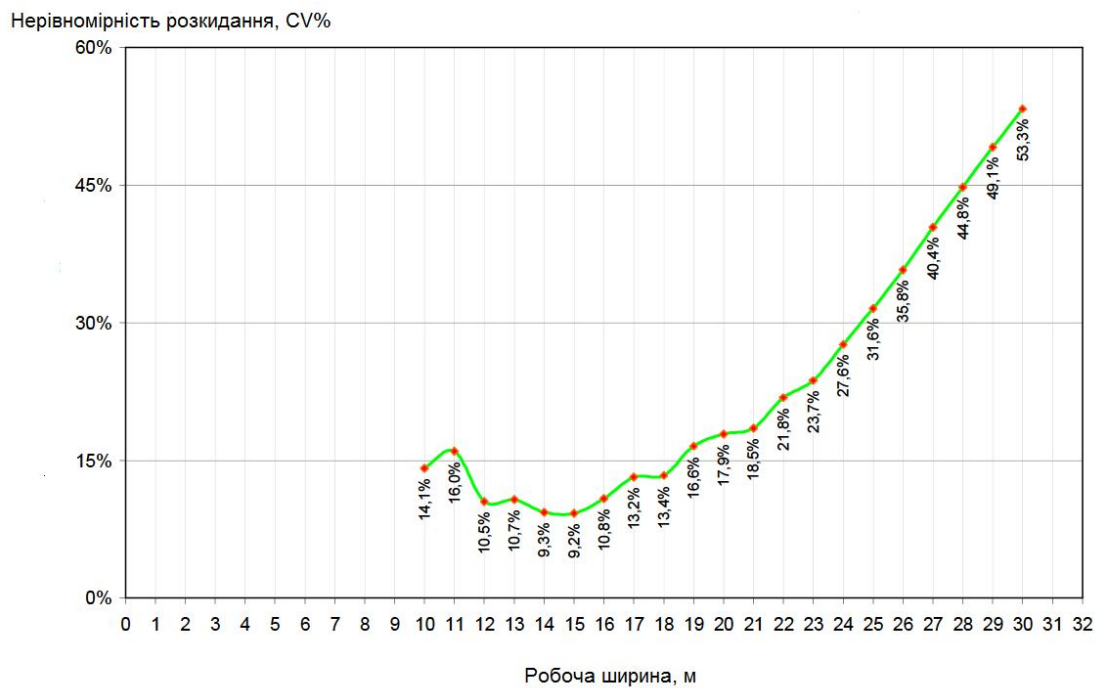


Рис. 2.10 Крива розсіювання.

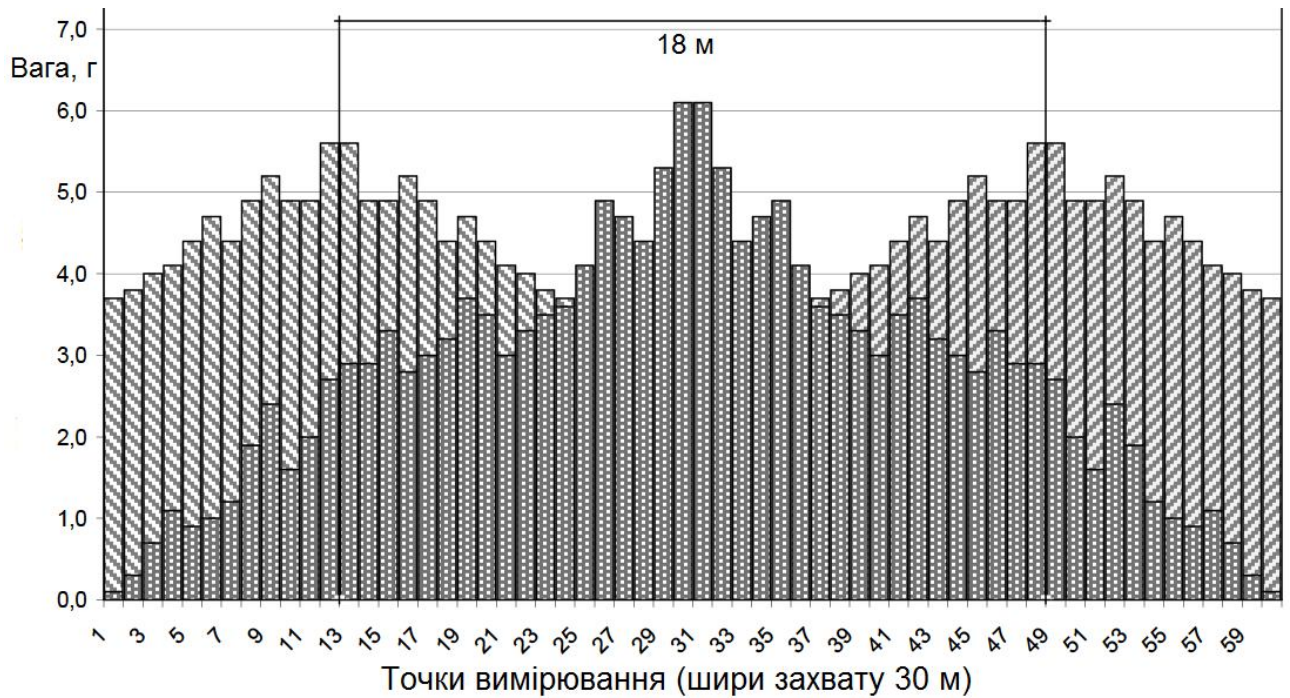


Рис. 2.11 Поперечний графік розсіювання із перекриттями

Після цього обраховується середнє та максимальне значення відхилення для даної робочої ширини [21].

## Висновок по розділу 2

Для обґрунтування доцільності конструкційних змін дискового розкидача мінеральних добрив розроблена методика дослідження впливу конструкційних особливостей розкидача на ширину захвату та нерівномірність розкидання добрив.

### РОЗДІЛ 3

#### РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ 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

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



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 задне 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 токи внесення добрив на диск

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

Далі я шукав 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.

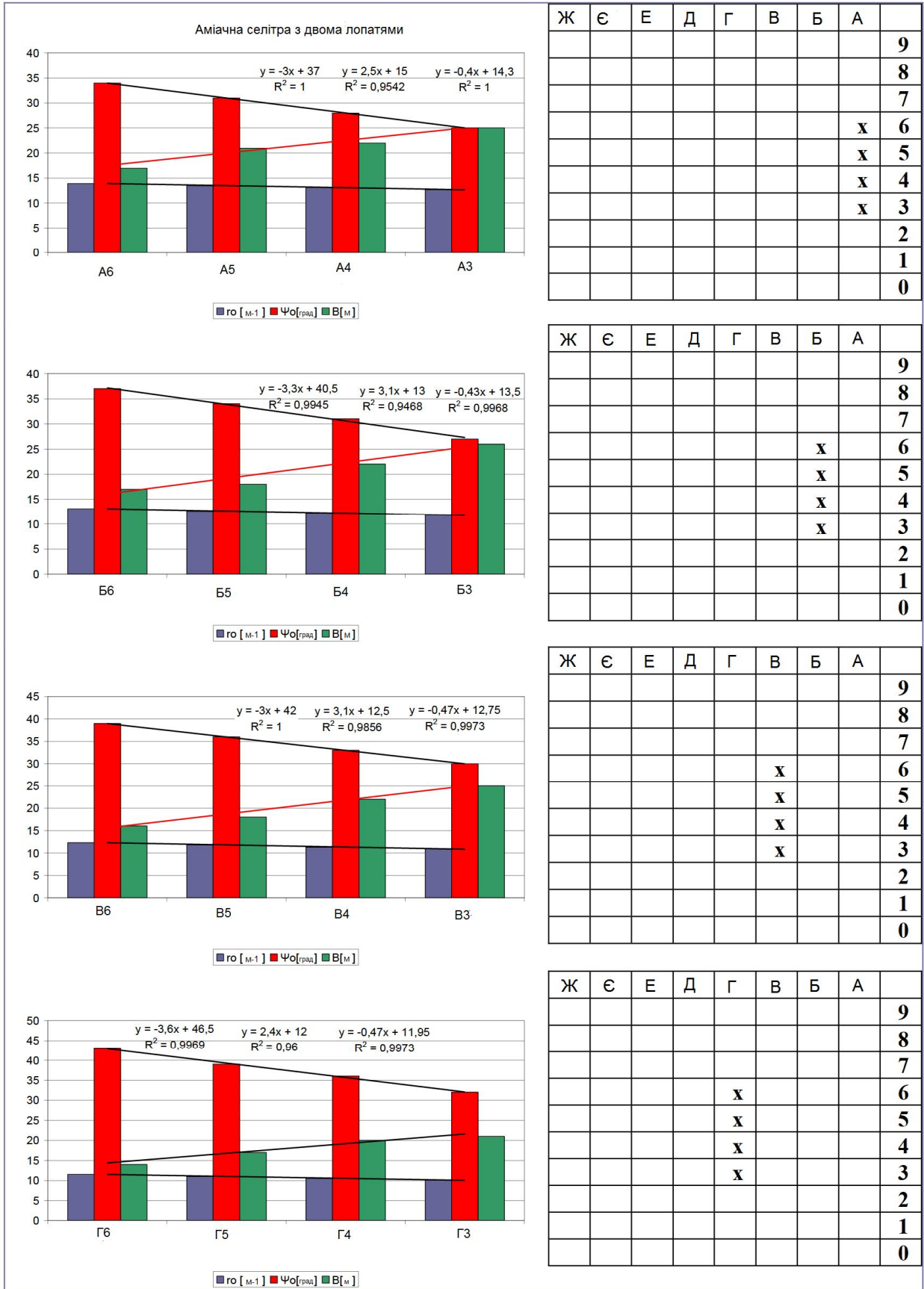


Рис. 3.1. Залежність ширини захвату від місця дозування добрив.

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, виміряний 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.

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 захвату.

Вага, г

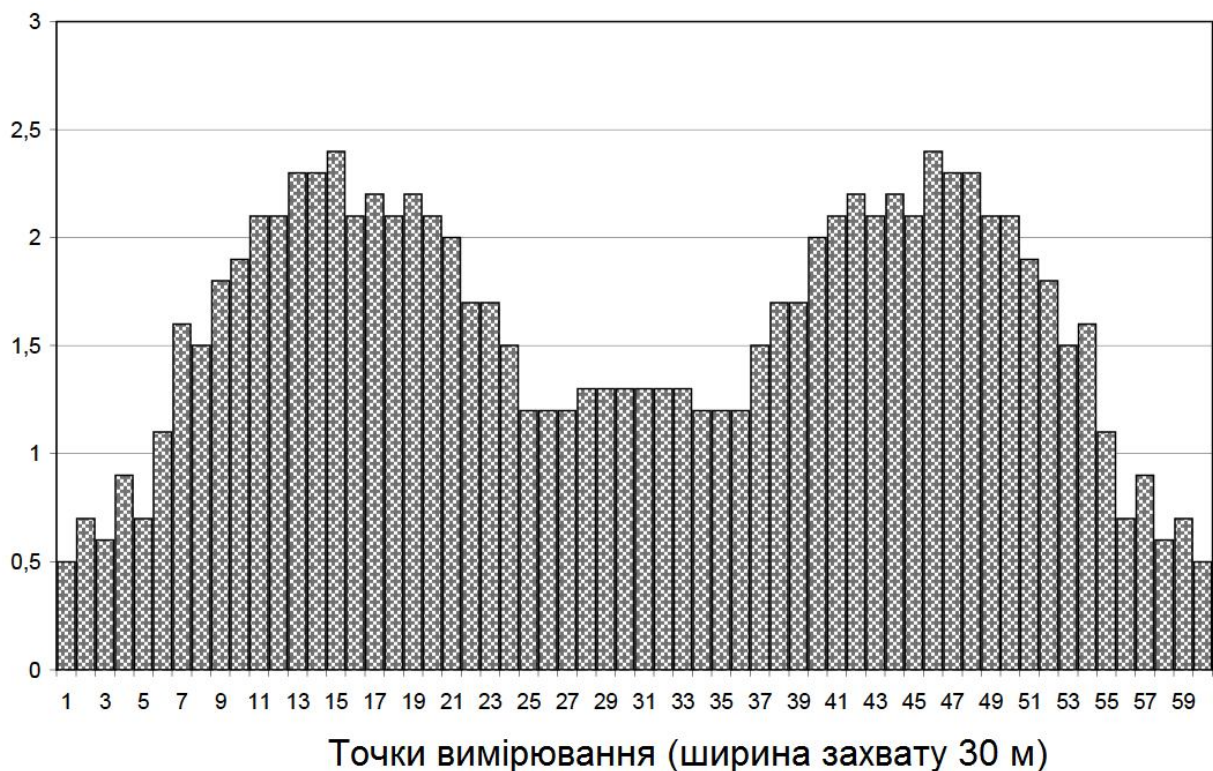


Рис. 3.2. Поперечний графік розсіювання в точці А2.



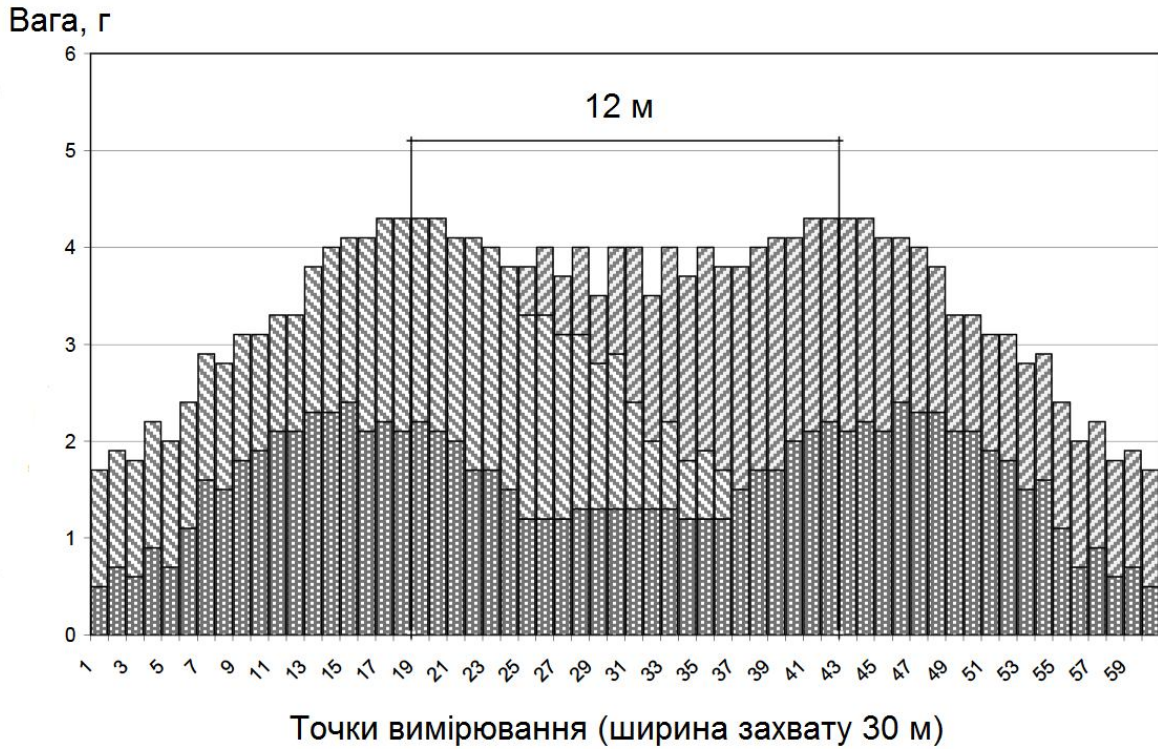


Рис. 3.3. Поперечний графік розсіювання з перекриттям.

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).

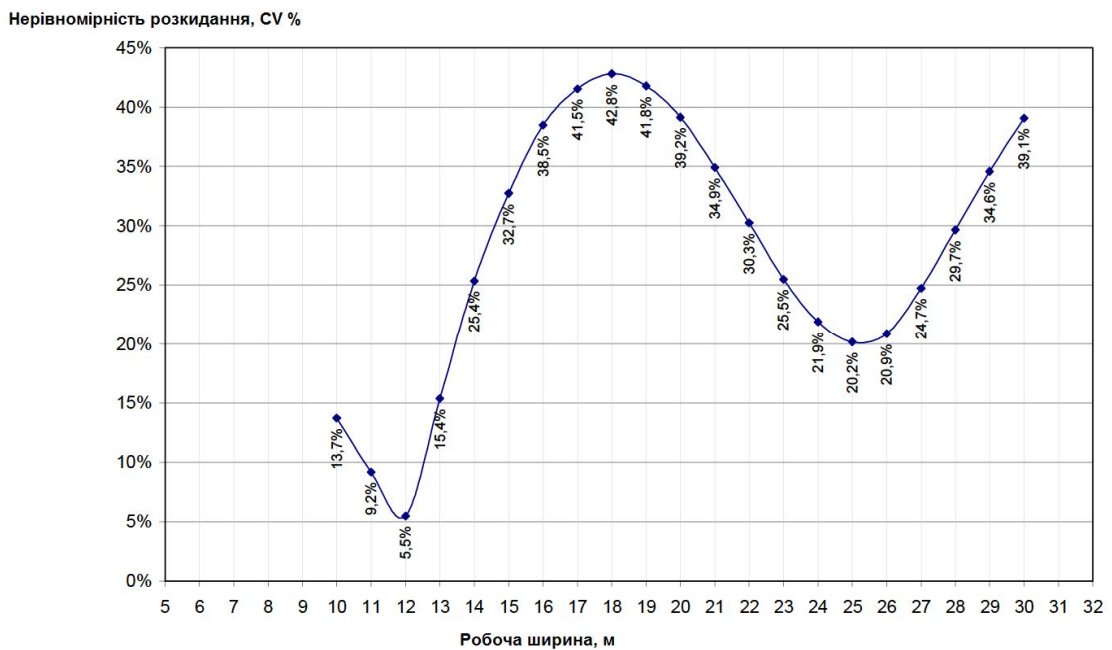


Рис. 3.4. Крива розсіювання в точці В2.

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 по розділу 3**

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.

## 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  $3^\circ$  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.

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.

## 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 "Іліон", 2003. 39 с.
2. Степук Л.Я. Механизация процессов химизации и екологія. Минск. 1993. 272 с.
3. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів : НВФ «Українські технології», 2010. 108 с.
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. Кленин Н. И. Сельскохозяйственные машины : учебник для студ. вузов, обуч. по напр. «Агроинженерия». Москва : КолосС, 2008. 816 с.
7. 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.
8. Бартнев И. М. Влияние геометрических параметров универсального почвообрабатывающего орудия на его эффективность. *Лесотехнический журнал*. 2014. Т. 4. № 2. С. 197-203.
9. Кобець А. С. Обґрунтування конструкції відцентрового розкидача мінеральних добрив. *Сільськогосподарські машини : зб. наук. праць*. 2014. Вип. 29-30. С. 42-53.

10. Адамчук, В. В. Теория центробежных рабочих органов машин для внесения минеральных удобрений : монография. Київ : Аграрн. наука, 2012. 178 с.
11. Зеленин А. Н., Юсупов М. Л. Автоматизация вождения сельскохозяйственных машин для обработки почвы, посева, ухода за растениями и уборки. Екатеринбург. 2014. 387 с.
12. Белоусов С.В. Внесение сыпучих материалов при помощи центробежных разбрасывателей. Существующие проблемы и пути их решения. *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2014. № 104. С. 1888-1901.
13. 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.
14. Дудко Н. И. Ресурсосберегающие технологии и машины для внесения минеральных удобрений и посева зерновых культур. Горки : БГСХА, 2011. 296 с
15. Рунов Б. А. Основы технологии точного земледелия. Зарубежный и отечественный опыт. Санкт-Петербург : АФИ, 2012. 120 с.
16. Подураев Ю. В., Кулешов В. С. Принципы построения и современные тенденции развития мехатронных систем. *Мехатроника*. 2000. №1. С. 5–10.
17. Гевко Р. Б. Машини сільськогосподарського виробництва : навчальний посібник. Тернопіль : ТДПУ, 2005. 228 с.
18. Капустин В. П. Глазков Ю. Е. Сельскохозяйственные машины. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. 104 с.
19. Кобяков И. Д. Машины и оборудование в растениеводстве: курс лекций. Омск : ОмГАУ им. П.А. Столыпина, 2012. 120 с.

20. Ходосевич В. И., Радишевский Г. А., Кузьмицкий А. В. Сельскохозяйственные машины Минск: БГАТУ, 2010. 600 с.

21. Техніка сільськогосподарська. Тривалість та агросроки проведення випробувань. КНД.46.16.02.16-97. 40 с.