

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до дипломної роботи  
освітнього ступеня “Магістр”  
на тему:

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
ПАРАМЕТРІВ ДИСКОВОГО СОШНИКА ДЛЯ СМУГОВОЇ СІВБИ  
ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР**

Виконав: студент 2 курсу, групи МгАІз-1-22  
за спеціальністю 208 “Агроінженерія”

\_\_\_\_\_ Олександр ШУТ

Керівник \_\_\_\_\_ Наталія ПОНОМАРЕНКО

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис, прізвище та ініціали)

Дніпро 2024

**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)

(прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

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

Шут Олександр Стергійовичу

(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

«26» грудня 2023 року № 4084

**2. Строк подання студентом роботи** 22.01.2024 р.

**3. Вихідні дані до роботи** Огляд стану питання в галузі машинобудування та існуючих машин для сівби зернових культур. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) Сучасний стан посіву зернових культур. Теоретичні передумови дослідження робочих органів дводискового сошника. Проведення експериментальних досліджень результати і аналіз експериментальних досліджень. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Оцінка економічної ефективності роботи. Загальні висновки. Бібліографічний список.

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1,2. Мета і задачі досліджень. 3. Основні типи розподільних пристроїв зернових сівалок. 4. Теоретичні передумови дослідження робочих органів дводискового сошника. 5,6. Аналіз процесу руху насіння. 7. Експериментальний сошник і установка для проведення експериментів. 8. Результати вимірювань фізико-механічних параметрів насіння сільськогосподарських культур. 9. Обґрунтування матеріалу розсіювача і результати знаходження швидкісних коефіцієнтів. 10. Техніко-економічна ефективність роботи. 11. 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			
6			
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: 20.09.2022 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№п /п	Назва етапів дипломного Проекту	Строк виконання етапів роботи	<i>Примітка</i>
1	Аналітичний (оглядовий)	до 30.11.2023 р.	
2	Теоретичний	до 10.12.2023 р.	
3	Експериментальний	до 29.12.2023 р.	
4	Охорона праці	до 15.01.2024 р.	
5	Економічний	до 22.01.2024 р.	
6	Демонстраційна частина	до 28.01.2024 р.	

Студент

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Шут Олександр  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Пономаренко Наталія  
(прізвище та ініціали)

№	Формат	Позначення	Найменування	К-ть аркушів	Номер аркуша	Примітка
1	A4	52 ДР.000.000.000.ПЗ	Пояснювальна записка	88		
2	A4	Microsoft PowerPoint	Презентаційні матеріали	11		

### Анотація

Широко відомо, що якість посіву зернових культур значно впливає на отримання високого врожаю. При цьому відповідно правильний підбір сошникової групи зернової сівалки може гарантувати рівномірність розподілу насіння на потрібну глибину його загортання у ґрунт. Для посіву зернових культур у виробничих умовах і в селекційно-насінницькій справі застосовують сівалки з дводисковими сошниками, які не забезпечують стабільності висіву насіння за глибиною, особливо на підвищених швидкостях сівби. Наральникові сошники більш рівномірно укладають насіння на задану глибину, на утворене тверде насіннєве ложе, але їх використання не є поширеним, оскільки вони, на відміну від дискових, потребують ретельної передпосівної підготовки ґрунту. Технічні рішення щодо створення конструкцій сошників, які забезпечують висів насіння зернових культур у мульчований рослинними залишками ґрунт на стабільну глибину, не знайшли поки що широкого практичного застосування через технологічні недоліки та складнощі виготовлення. Тому обґрунтування конструкції дискового сошникового вузла та обґрунтування його конструктивних і кінематичних параметрів є актуальним науково-технічним завданням.

Ключові слова: дисковий сошник, конструкція, висів насіння, еквівалентна схема, параметри, теорія, розрахунок, пружина, пружність, агротехнологічний допуск.

## ЗМІСТ

Вступ .....	7
Розділ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПОСІВУ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....	9
1.1 Існуючі технології та агрегати для посіву зернових культур і тенденції їх вдосконалення .....	9
1.2 Агротехнічні вимоги до посіву зернових культур .....	13
1.3 Основні типи розподільних пристроїв зернових сівалок .....	15
Розділ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДВОДИСКОВОГО СОШНИКА .....	20
2.1 Розрахункова схема зернотукової сівалки .....	20
2.2 Розрахункова модель функціонування сільськогосподарської машини	23
2.3 Аналіз процесу руху насіння .....	25
2.4 Взаємодія між насінням при посіві .....	34
2.5 Обґрунтування параметрів розсіювача насіння .....	36
Розділ 3. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	41
3.1 Програма і методика експериментальних досліджень .....	41
3.1.1 Програма експериментальних досліджень .....	41
3.1.2 Методика досліджуваних параметрів .....	41
3.2. Експериментальний сошник і установка для проведення експериментів.....	48
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ І АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ .....	52
4.1. Результати вимірювань фізико-механічних параметрів насіння сільськогосподарських культур .....	52
4.2 Обґрунтування матеріалу розсіювача і результати знаходження швидкісних коефіцієнтів .....	53
4.3 Результати формування смуги висіву насіння .....	57
4.4 Результати теоретичних і експериментальних досліджень траєкторії руху насіння після зіткнення з розсіювачем .....	61
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	64
6. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ.....	
ВИСНОВКИ .....	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	83

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** При вирощуванні зернових культур посів має особливе значення, оскільки від рівномірного розподілу насіння по площі живлення на заданій глибині залежить поява рівномірних сходів і в підсумку підвищення врожайності. Рівномірний розподіл насіння по площі живлення є одним з найбільш складних завдань при посіві зернових культур. Оптимальне розміщення насіння по площі живлення на заданій глибині посіву можливо тоді, коли насінини розташовані на однаковій відстані один від одного, або форма цієї площі - коло, або, меншою мірою, близький до нього квадрат. Дослідження в області землеробської науки і практики показують, що найкраща площа живлення для одного стебла пшениці - квадрат, зі стороною не менше 4,5 сантиметрів. На одному квадратному метрі повинно знаходитися приблизно 400 рослин.

Існуючі зернові сівалки з дисковими сошниками дозволяють висівати насіння рядковим, узкорядним, перехресним способами. В результаті рядкового посіву площа живлення однієї рослини має вигляд дуже витягнутого прямокутника. Узкорядний і перехресний посіви наближають площу живлення зернини до оптимального квадрату, підвищують використання площі поля, але при цьому мають істотні недоліки.

У зв'язку з цим розробка конструктивно-технологічної схеми дискового сошника для смугового способу посіву, що забезпечує підвищення рівномірності розподілу насіння на насінневному ложі, представляється актуальною і важливою господарської проблемою.

Однак, при всій значущості виконаних досліджень, деякі аспекти даної проблеми вивчені недостатньо. Зокрема, не розглянуті питання визначення руху зернини після зіткнення з розсіювачем насіння в залежності від матеріалу розсіювача, а також пошуку оптимальних значень параметрів технічного засобу посіву зернових культур, що забезпечують раціональний розподіл насіння по площі живлення.

**Мета дослідження.** Підвищення рівномірності розподілу насіння зернових культур шляхом обґрунтування параметрів розсіювача насіння вузькорядного дискового сошника.

**Завдання дослідження:**

1. Обґрунтувати вибір матеріалу розсіювача насіння дводискового сошника.
2. Розробити математичну модель руху зернини після зіткнення з розсіювачем.
3. Обґрунтувати основні параметри розсіювача сошника при смуговому способі посіву зернових культур.

**Об'єкт дослідження.** Процес рівномірного розподілу насіння зернових культур в міждисковому просторі сошника.

**Предмет дослідження.** Закономірності впливу параметрів клавішного розсіювача сошника на рівномірність розподілу насіння.



## РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПОСІВУ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

### 1.1 Існуючі технології та агрегати для посіву зернових культур і тенденції їх вдосконалення

В умовах фінансових обмежень автопідприємств при постійно зростаючих потребах в перевезенні вантажів автомобільним транспортом, важливим стає ефективне використання парку вантажних автомобілів і оборотних коштів автотранспортного підприємства.

В даний час в сільському господарстві використовуються різні посівні машини і способи посіву для обробітку зернових культур.

Способи проведення посіву зернових культур поділяються на рядкові і розкидні. Розкидні є найбільш древніми і з'явилися на зорі появи землеробської культури. В основі цих способів лежить те, що розподіл насіння по поверхні ґрунту відбувається шляхом розкидання, а подальше їх закладення в ґрунт здійснюється спеціальними сільськогосподарськими знаряддями. Тому, висів насіння та закладання їх в ґрунт проводиться окремо. Поєднання даних операцій можливе в одному сільськогосподарському знарядді (сівалки бункерні), а також в одній сільськогосподарській машині (сівалки сучасні) [23-26, 30-34].

Посівні сільськогосподарські машини групуються за призначенням, способу посіву і агрегуванню. Посівні машини поділяються на універсальні (посів різнорідних сільськогосподарських культур) і спеціальні (посів насіння тільки однієї сільськогосподарської культури). За призначенням посівні агрегати поділяються на бавовняні, кукурудзяні, зернові, бурякові, овочеві, лляні і т.п.; за способом посіву - на гніздові, рядкові, розкидні, вузькорядні, пунктирні; за агрегуванням на навісні, напівнавісні, причіпні [8, 21, 24, 31, 38].

Розкидний спосіб посіву є найбільш простим. Але даний спосіб передбачає перевитрати зернини на 25-30%, а також незадовільну глибину загортання насіння. Однак, на даний момент проводяться роботи, пов'язані

з більш ефективним використанням цього способу посіву. Для розкидного способу сівби застосовується і авіація, а загортання насіння можна проводити боронуванням або прикочуванням поверхневого шару поля [35-40, 48-51].

Рядковий посів має деякі переваги перед розкидним способом посіву зернових. Глибина загортання насіння наближається до оптимальної, а врожайність зростає на 10-15% в порівнянні з розкидним способом [5, 31, 37, 45].

Рядковий спосіб посіву з шириною міжряддя в 15 сантиметрів є найпоширенішим. Площа живлення, в даному випадку витягнутий прямокутник, в якому довжина коротких сторін, щонайменше, в 10 разів коротше довгих. Скупченість насіннєвого матеріалу в рядках дуже гальмує розвиток і ріст рослин. Відомо, що при даному способі посіву рослиною буде використовуватися лише 30% від необхідної площі живлення [37].

Будь-яка зернова культура має кущуватість. Це означає, що одне насіння зможе дати кілька колосоносних стебель. При рядковому способі посіву спостерігається слабке кушіння. Рудиментарність рослин, а так само дуже слабке кушіння є наслідком жорсткої боротьби рослини на площах живлення з неправильними формами. Для того, щоб поліпшити розподіл насіннєвого матеріалу по засівній площі, була розроблена конструкція двохстрочного сошника, що має міжряддя, рівне 7,5 сантиметрам.

Проведені наукові дослідження показують, що вузькорядний спосіб посіву збільшує врожайність зернових культур в середньому на 1-2,5 центнерів з гектара при порівнянні з рядковим. Рослини розміщені найбільш рівномірно, що дозволяє їм ефективніше використовувати вологу, енергію сонця, а також мікроелементи, що містяться в ґрунті [37].

Перехресний спосіб посіву має на увазі отримання площі, близької до квадрату. Дані посіви проводяться в 2 проходи сівалки, (уздовж і поперек поля), а норма висіву в 2 рази нижче, ніж при рядковому способі

посіву. Проведення посіву перехресним способом збільшує врожайність. А недоліком даного способу посіву будуть подвійні затрати праці, а також часу і паливно-мастильних матеріалів [8, 20, 22, 323].

Більш рівномірний розподіл насіння по поверхні поля здійснюється за допомогою смугового способу посіву. При русі сошника його диски створюють 2 борозенки (міжряддя 7,5 см), профілеутворювач, який розташовується між двома дисками, формує горизонтальний профіль ложа, при цьому зрушуючи ґрунт від міжрядь до дисків сошника на рівні глибини загортання насіння. Потік насіння, що надходить з насіннепровода, потрапляє на розподільник і рівномірно розподіляється по змінному ложе в міждисковому просторі [31].

Точний посів використовується, в основному, при обробітку кукурудзи і соняшника. Даний спосіб забезпечує підвищення врожайності, непогану економію насінневого матеріалу, скорочує витрати праці на подальший догляд за рослинами. Брак біологічно схожих сортів насіння є гальмом у розвитку даного способу посіву. Зростає засміченість зерна. Важливим фактором є підготовка полів [7, 8, 19, 20, 22, 35-40].

Інноваційна технологія посіву зернових культур, полягає в тому, що замість сошника на сівалці розміщують пневматичний або механічний прискорювач насіння. Насіння направляються перпендикулярно поверхні ґрунту і під дією кінетичної енергії вклинюються в неї. Даний спосіб посіву ефективний при підвищеній вологості ґрунту. Однак в ґрунтах з недостатньою кількістю вологи використання такого способу посіву не забезпечить потрібного розподілу насіння, а також можливе збільшення їх пошкоджуваності.

Рядкові зернові сівалки складаються з робочих органів (висівних апаратів, насіннепроводів і сошників з зашпаровуючим пристосуванням), рами з механізмом навішування або причепом, опорно-приводних коліс, механізму підйому, установки на глибину ходу робочих органів, механізму передачі крутного моменту від коліс машини до валів висівних

апаратів з автоматичною муфтою зчеплення.

Для посіву зернових культур по підготовленому ґрунту застосовують причіпну зернову сівалку СЗ-3,6А і її модифікації СЗП-3,6А, СЗТ-3,6А і ін. Для висіву зернових і зернобобових сільськогосподарських культур по стерні з внесенням мінеральних гранульованих добрив використовують посівні машини прямого висіву СЗПГМ і СЗПП-8, стерньові сівалки-культиватори СЗС-2,1, СЗС-6 та ін.

Сошники (робочі органи сівалки) в залежності від модифікації, а також від виду висіву сільськогосподарської культури і властивостей ґрунту поділяють на однодискові, дводискові, анкерні, долотоподібні, трубчасті та ін. [8, 21, 23 27, 32, 44, 46-49].

Зернові і зернотукові посівні машини для рядкового і вузькорядного способів посіву, які випускаються в даний час і знаходяться в господарствах, обладнані дисковими сошниками [32].

Аналіз технологічного процесу роботи посівних машин і досвід їх експлуатації показують, що основними зовнішніми впливами (вхідними факторами), що впливають на розподіл насіння, є профіль поверхні поля, твердість і вологість ґрунту, швидкість руху агрегату, нестабільність роботи двигуна, буксування коліс трактора і інші. Відповідно до внутрішньої структури висівних систем на розподіл інтервалів між насінням значний вплив створює нерівномірність подачі насіння висіваючими апаратами, обумовлена коливаннями швидкості обертання їх висівних пристроїв, мінливість параметрів руху насіння в насіннепроводі, сошнику і по дну розкритої борозни. Інакше кажучи, при нормальному функціонуванні посівної машини вихідні показники технологічного процесу залежать не тільки від зовнішніх впливів, але і від внутрішніх структур у висівній системі [36].

Рівний розподіл зернин по площі їх живлення, наближені до оптимальної та їх закладення на встановлену глибину задовольняють умови одночасного проростання більшості насінин і їх подальшого

повноцінного розвитку. Звідси випливає, що якість посіву дуже сильно залежить від конструктивних особливостей робочих органів посівних машин, від їх параметрів і режимів.

Короткі агрономічні терміни, необхідність підвищення продуктивності праці, зростання одиничної потужності мобільних засобів зумовили необхідність збільшити ширину захвату посівного агрегату. Це призводить до розробки принципово нових висівних апаратів централізованого висіву, що поєднують в собі механічне відмірювання з пневматичним переміщенням їх в сошник. Використання даних апаратів одне з найбільш перспективних напрямків модернізації посівних агрегатів, так як існує можливість чималого зменшення часу і затрат, а також праці необхідної при обслуговуванні та ремонті посівної машини з централізованим бункером, дозаторами [36].

## **1.2 Агротехнічні вимоги до посіву зернових культур**

Основними завданнями посіву є: рівномірне внесення всього насіння в ґрунт, закладання їх на глибину, що відповідає агротехнічним вимогам, і перебування рослин в однакових умовах. Від того, який обраний спосіб посіву, ці завдання уточнюються вимогами розподілу насіння по площі поля.

Для створення сприятливих умов сільськогосподарським культурам необхідно забезпечити виконання агротехнічних вимог:

1. Посів потрібно проводити в оптимальні календарні терміни;
2. Насіння повинно розподілятися рівномірно, щоб кожна рослина мала площу живлення, близьку до оптимальної, а глибина загортання насіння повинна бути однаковою;
3. Укладання насіння повинне бути на вологе ущільнене ложе, після чого покриватися зверху пухким зволуженим ґрунтом [22].

Відомо, що норма висіву зернових культур повинна бути постійною [35, 37, 39].

Через особливості роботи різних сільськогосподарських машин, а також фізико-механічних властивостей ґрунту, впливу навколишнього середовища зовнішні впливи під час роботи посівної машини постійно змінюються. У підсумку на агрегат діють різні фактори, сукупне значення яких утворює ряд випадкових процесів. Тому внутрішні фактори і велика частина вихідних параметрів технологічного процесу посіву зернових культур, як підсумки дії посівного агрегату, теж візьмуть вид випадкових функцій [22].

До додаткових вимог що пред'являються до рядового посіву, можна віднести: прямолінійність рядків, рівну поверхню поля і відсутність пересівань. Одна з найважливіших є вимога, щоб посіяний матеріал (насіння) зашпаровувалося на рівну глибину. Та кількість насіння, яка забита в шар на задану глибину, а також два шари, суміжних з ним, повинні бути не менше 80% від засіяних. При цьому на глибині від 3 до 8 см товщина даних шарів дорівнює 1 см. Невиконання цієї вимоги веде до проріджених і неодночасних сходів, так як слабке насіння, потрапляючи в верхні висушені шари, гине, а закріплене нижче необхідної глибини сходиться пізніше. Деяке дуже слабке насіння не в силах пробитися через товщину ґрунту [35].

Доведено, що при збільшенні глибини, на яку закладається насіння пшениці або жита всього на 1 см, поява сходів відбувається на 2,4 дні пізніше [39].

Від варіювання глибини загортання насіння, залежить мінливість схожості насіння. Приблизно 60% викликано рівномірністю загортання насіння [36].

Коло – найкраща форма площі живлення, вона відповідає формі кореневих систем у рослин. Необхідно розміщувати насіння рядками, зрушуючи їх на відстань, рівну  $b = r\sqrt{3}$ , а проміжки між насінними повинні складати  $L = 2r$  [27]. Однак в польових умовах розмістити насіння даними чином дуже важко, а часом і неможливо. При рядовому способі

посіву необхідна форма кореневих систем рослин не збігається з формою площі живлення. Але властивість рослин пристосовуватися до різних умов допомагає їм розвивати свої корені в напрямку міжрядь.

Збільшення або зменшення висіву зернини від встановленої норми не повинно перевищувати трьох відсотків. Ще слід врахувати те, що нерівномірний висів зернових культур між усіма висіваючими апаратами не повинен бути вище трьох відсотків. Норму висіву потрібно розділяти, враховуючи кількість річних опадів, а також вологість ґрунту під час проведення посівних робіт [31].

### **1.3 Основні типи розподільних пристроїв зернових сівалок**

У посівних агрегатах компанії «John Deere» застосовують сошники з прикатками, які перекривають простір між дисками, з метою прикочування зерна. Дані прикатки також виступають в ролі розсіювачів, запобігаючи викид насінневого матеріалу на поверхню поля. Автор ставив перед собою завдання виявити органи сошника, які допомагають рівномірному закладенню зернини на задану глибину. Для вирішення даного завдання було проведено ряд досліджень, що показує залежність якості закладення зернини від параметрів встановлення розсіювача насіння. Подача насіння в дослідженнях проводилася вертикально, в напрямку і проти руху сівалки.

Після закінчення експериментів була побудована діаграма значущості, що показує вплив окремо взятих чинників (Рис. 1.1), де:

1. З розсіювачем;
2. Випадкові невраховані елементи;
3. Напрямок подачі насіння;
4. Розташування направлявача.

Було встановлено вплив кожного фактора на якість загортання насіння:

- спрямованість подачі насіння склала від 3 до 10%;

- місце розташування направлявача складо від 8 до 28%;
- взаємодія спрямованості подачі насіння і місце розташування направлявача складо від 6 до 15%;
- наявність розсіювача складо від 47 до 69%.

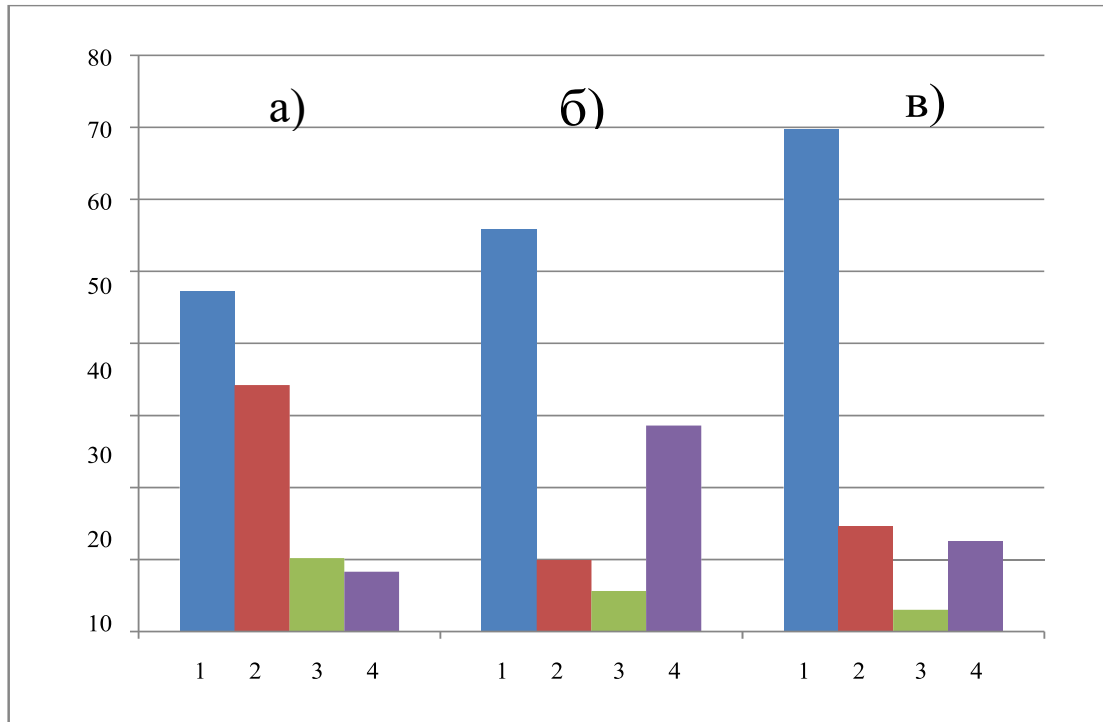


Рис. 1.1. Вплив елементів сошника зернової сівалки на рівномірність закладення насіння на встановлену глибину: а) - швидкість 8км/год; б) - швидкість 10км/год; в) - швидкість 12км/год; 1 - з розсіювачем, 2 – випадкові невраховані елементи, 3 – напрямок подачі насіння, 4 – розташування направлявача.

Для вивчення характеру і виявлення якісних показників розподілу насіння по заданій глибині різні вчені досліджували багатоманітні варіанти конструкції дискових сошників. Були розглянуті різні варіанти (Рис. 1.2): сошник серійний задній і передній; сошник серійний задній із загнутим вперед розподільником насіння (а); сошник з гнучкими тросовими розподільниками, які прилягають до поверхні диска (б); з ланцюговими розподільниками (в); з передньою подачею типу один (г) і типу два (д).



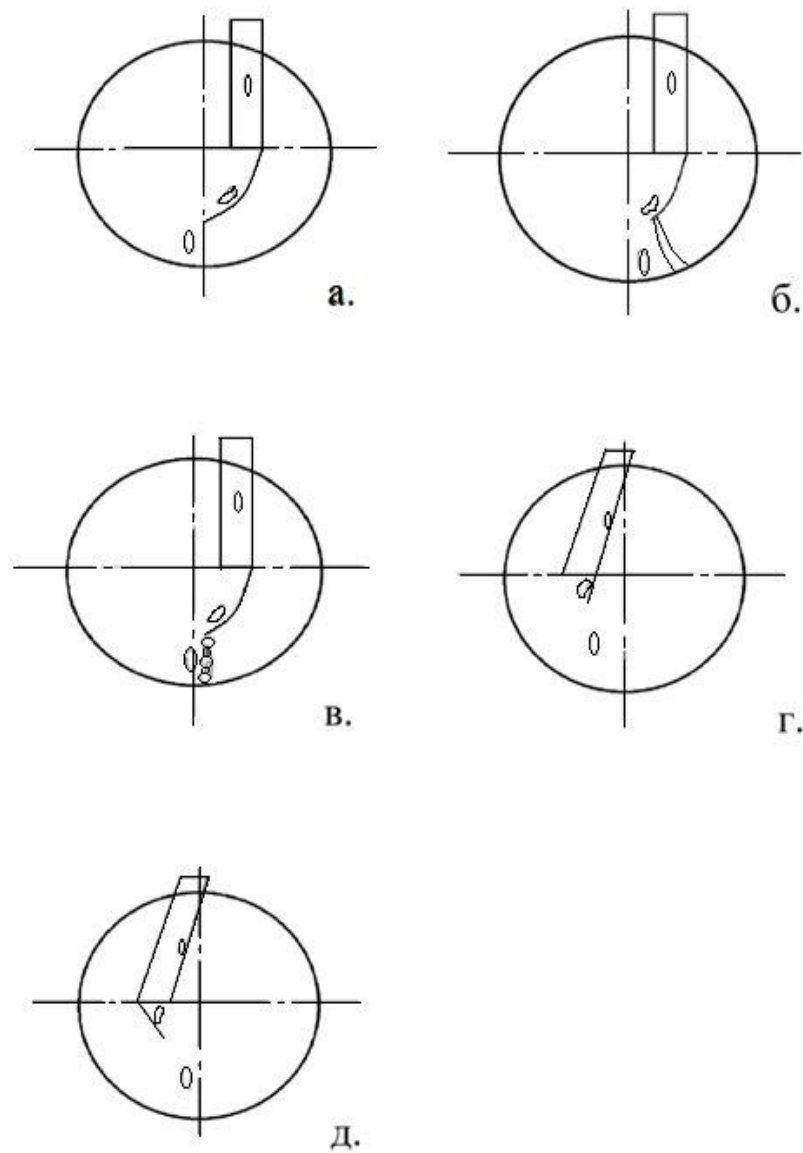


Рис. 1.2. Схема різного розташування розсіювача насіння.

Порівнюючи розподіл насіння сошників заднього і переднього розташування, автори зазначили, що варіант Д укладає більшу кількість насіння по дну борозенки, а викид за її межі мінімальний. Відповідно, якщо нахилити воронку в сошнику з переднім розташуванням розсіювача, то розподіл буде більш ефективним через те, що насіння буде подаватися набагато ближче до тієї точки, де відбувається сходження дисків. Зернівку необхідно подавати туди, де диски розходяться на ту величину, яка трохи більше зерна.

У сошнику з ланцюгом насіння майже не виходить за межі дисків, яке закрито самим ланцюгом. Головний перерозподіл зерна протікає в

самому низу сошника, де знаходиться зона осипання борозенки. Звідси випливає, що розсіювачі насіння з ланцюгом підвищують роботу всього робочого органу і мають тенденцію до самоочищення від ґрунту.

Сошники, що мають передню подачу, мають схожу картину розподілу насіння, яка становить близько 85%, насіння вкладаються посередині бороздки. Але сошник першого типу має трохи більший розкид насіння за шириною насінневого ложа. Це пояснюється тим, що при подачі насінневого матеріалу в сторону точки сходження дисків, на які прилипає вологий ґрунт, окремі насіння, дотичні з ґрунтом, відкидаються разом з нею назад або в різні боки. У робочому органі другого типу насіння подається туди, де диски сошника вже розходяться, це виключає прилипання насіння до налиплого ґрунту і, відповідно, зменшується їх розкид. Можна зробити висновок, що від способу подачі насінневого матеріалу залежить їх розподіл по ширині насінневого ложа і глибині закладення.

Насіння необхідно подавати туди, де є обмеження вертикальним діаметром і тією точкою, де диски розходяться на відстань, яка трохи більша насіння. На якість закладення зернини на задану глибину неабиякий вплив надає швидкість, з якою рухається робочий орган сівалки. Випробування показали, що на перезволожених ґрунтах і підвищених швидкостях перевагу має сошник з передньою подачею [31].

Також широке застосування розподільники насіння отримали в сошниках для підґрунтового-розкидного посіву зернових культур. Розподільні пристрої цих сівалок встановлюються в підсошниковому просторі і мають різноманітність форм і розмірів виконання [36].

Пневматичні розподільники насіння застосовують, в основному, в сівалках з великою шириною захвату робочого органу, при неможливості рівномірного розподілу насіння за допомогою пасивного розподільника. Недоліком даного розподілу є пошкодження насіння, нерівномірний розподіл в міждисковому просторі, використання вентилятора. Активні

розподільники, що приводяться в рух за рахунок додаткових приводів і допоміжних пристроїв, є складними у виготовленні і ненадійними в використанні [24, 25, 28].

Тому більшість розподільників для зернових сівалок є пасивними і використовують енергію вільного падіння насіння. Це означає, що насіння з посівного апарату потрапляють в насіннепровід і рухаються по ньому за рахунок дії сили тяжіння до зіткнення з розподільником. З урахуванням накопиченої кінетичної енергії насіння відбувається подальший їх розподіл по дну борозенки.

## РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДВОДИСКОВОГО СОШНИКА

### 2.1. Розрахункова схема зернотукової сівалки

На роботу сільськогосподарської машини впливає велика кількість факторів (фізико-механічні властивості ґрунту, нерівності поля і т. д.). Вплив даних чинників безпосередньо впливає на рівномірність завантаження машин, показники технологічних процесів і енергетичні витрати.

В даний час існує ряд агротехнічних вимог, що застосовуються до різних сільськогосподарських машин і їх агрегатів. Одна з таких вимог, що застосовуються до посівних машин, є забезпечення рівномірної глибини загортання зернини. Швидкість руху сільськогосподарських агрегатів впливає на нерівномірний тяговий опір, а також на основні показники роботи всієї машини. Зі збільшенням швидкості руху агрегату частота факторів, що впливають, відповідно підвищується [26].

Динаміку сільськогосподарської машини можливо описати різними методами. Один метод безпосередньо пов'язаний з викладом поведінки динамічної системи в фазовому середовищі. Цей метод ефективний при вирішенні різних завдань оптимального управління. Рух машини можна описати двома величинами: пройдена відстань  $L$  і швидкість руху  $V$ . Ці величини змінюються з плином часу відповідно до сили тяги. Кінцевою метою даної динамічної моделі є складання рівняння руху.

Другий метод заснований на характеристиках "вхід-вихід" і широко застосовується в інженерній практиці, а також у статистичній динаміці систем управління. Вхідними параметрами сільськогосподарської машини є всі зовнішні збурення, що представлені конкретними фізичними величинами (сила, переміщення, момент сили і т.д.). Вихідними параметрами значаться: безліч параметрів, які можливо регулювати в конкретній системі, описують якість роботи, енергетичні техніко-економічні показники. Загальну динамічну

модель сільськогосподарської машини можливо представити у вигляді якоїсь системи, що має безліч вхідних та вихідних змінних (рис. 2.1).

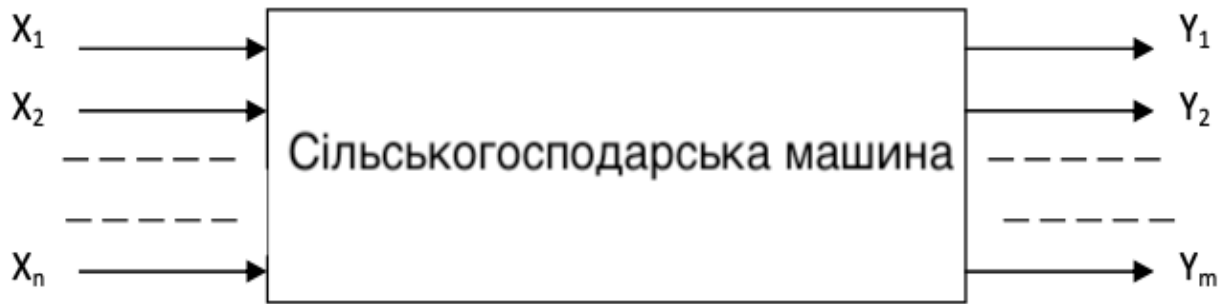


Рис. 2.1. Динамічна модель сільськогосподарської машини

З рис. видно, що вхідні змінні - це керуючі, впливи (нерівність ґрунту, опір середовища і т.д.), вихідні  $Y_1, Y_2, \dots, Y_m$  - це технологічні та енергетичні параметри (витрата палива, глибина обробітку ґрунту і т.п.), а  $n$  і  $m$  - це число вхідних і вихідних змінних, відповідно (залежать від типу машини, знаряддя та ін.).

Для посівного агрегату, який складається з причіпної сівалки, що агрегується трактором, динамічна модель представлена у вигляді схеми, зображеної на рис. 2.2.

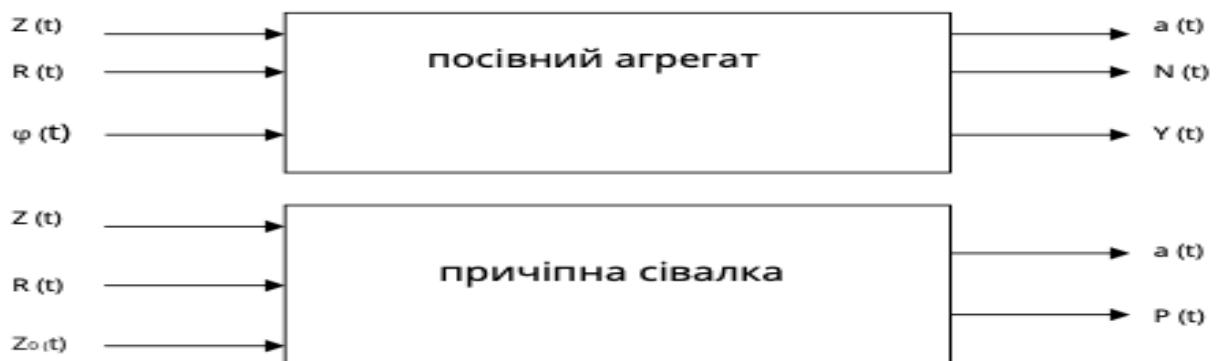


Рис. 2.2. Динамічна модель посівного агрегату

На роботу посівної машини впливають: нерівна поверхня поля  $Z(t)$ , поворот керма трактора  $\varphi(t)$  і опір ґрунту  $R(t)$ . Вихідними змінними є глибина посіву насіння  $s(t)$ , витрата потужності  $N(t)$ , а також напрямок проходження

всього агрегату. Символом  $(t)$  відзначається, що дані змінні є функціями часу. Звідси випливає, що розбивання даних змінних на вихідні і вхідні безпосередньо залежить від конфігурації обраної моделі і її схеми.

На рис. 2.3 представлена схема спрощеної динамічної моделі сошника.

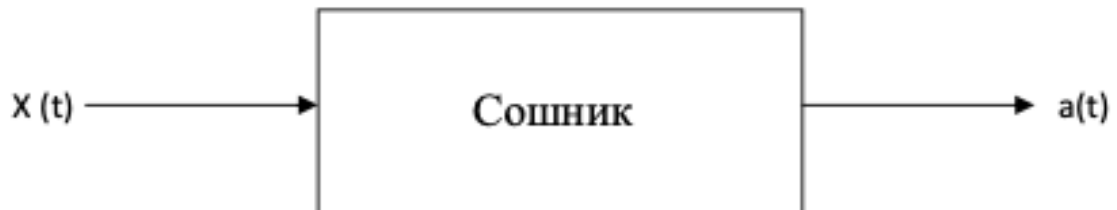


Рис. 2.3. Схема спрощеної динамічної моделі сошника

## 2.2. Розрахункова модель функціонування сільськогосподарської машини.

Функціонування сівалки є реакцією на різні зовнішні збурення. Схема функціонування будь-якої сільськогосподарської машини являє собою схему за принципом "вхід - вихід". У загальній розрахунковій моделі враховуються складові, які характеризують тяговий опір  $P(t)$  і ефективність функціонування машини. Такими складовими є: зміна числа насіння в ящику  $Q(t)$ , рівномірність розподілу насіння по площі живлення, швидкість руху сільськогосподарської машини  $V_0$  і налаштування посівного агрегату на різні умови, такі як глибина загортання насіння і норма висіву.

Для того щоб змодельовати протікання технологічного процесу посівної машини необхідно розглянути схему, враховуючи зміни стану потоку зернини від висівного апарату до того моменту, поки насіння не будуть закладені в ґрунт (рис. 2.4) [1, 4, 5, 8, 9].

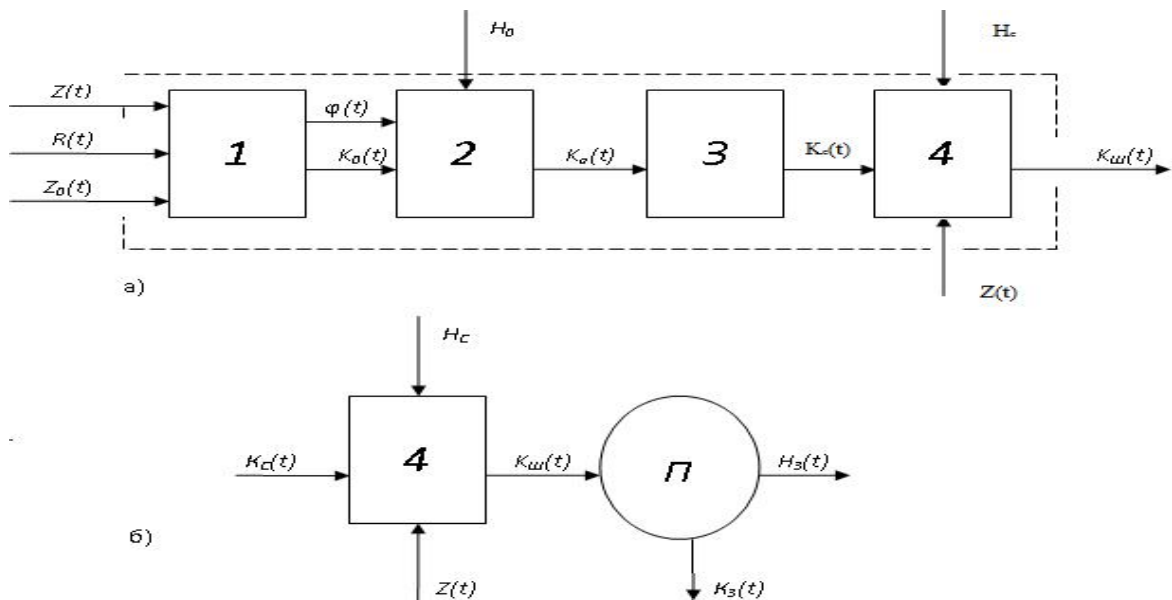


Рис. 2.4. Моделі роботи: а - посівної машини; б - робочого органу сівалки (сошника)

В даній схемі агрегат може бути розбитий на елементи: 1 - рама сівалки з колесами; 2 - висівальні апарати; 3 - насіннепроводи; 4 - робочі органи сівалки (сошники). Зв'язок всіх цих елементів показує висівальну систему. На дану систему впливають такі чинники: опір ґрунту  $R(t)$ , профіль поля  $Z(t)$  і зрушення точки причепа  $Z_0(t)$ . Результатом служать складні коливання самої рами  $\varphi(t)$  елемента (1). Під час установки ( $H_0$ ) висівних апаратів 2 на норму висіву насіння маємо потік зернини  $K_a(t)$ , що мають випадкові параметри. Насіннепроводами (3) даний потік насіння змінюється в інший потік  $K_c(t)$ , у якого змінені параметри. Робочий орган сівалки (сошник 4), який встановлюється на задану глибину ходу  $H_c$ , змінює потік насіння  $K_c(t)$  в вихідний потік зернини  $K_{ш}(t)$ , який надходить безпосередньо в борозенки. Дані потоки руху насіння випадкові і можуть оцінюватися варіюванням маси зернини в одиницю часу. Взаємодія сошника (4) з ґрунтом П (рис. 2.4 б) проковує випадковий розподіл зернини уздовж рядка  $K_з(t)$  [12-19, 24, 31].

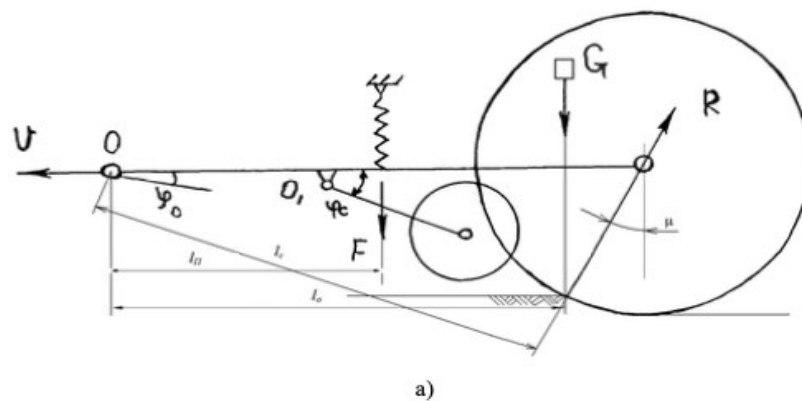
Для створення моделі технологічних процесів посівного агрегату за даними схемами обов'язкова інформація про всі вхідні параметри. Однак можливо скористатися спрощеною моделлю, що включає в себе вплив

профілю поля  $Z(t)$  і глибиною ходу сошника  $H_c(t)$ , між якими виявлено залежність [28].

Коливання рами викликані, в основному, нерівностями поверхні поля, відповідно надають певною мірою вплив на тяговий опір і глибину ходу сошника. Також з характеристиками поля пов'язані такі параметри як діаметр опорних коліс, база і швидкість руху сівалки, кутові коливання рами.

Виходячи з аналізу впливу збуджуючих факторів, що впливають на сівалку в поздовжньо-вертикальній площині узагальненими координатами, були прийняті кутові коливання сівалки щодо нижніх поздовжніх тяг трактора  $\varphi_0$  і поздовжньо-кутові коливання сошника відносно сівалки  $\varphi_3$  (рис. 2.5 а, б, в) [24].

За проведеними дослідженнями і на основі наявних даних можливо припустити, що машина рухається прямолінійно, маючи постійну швидкість, профіль поля під опорним колесом однаковий, а його вплив на колеса має зміщення тільки по фазі, похибка коливання робочого органу від нормального положення є незначною. Відхилення зовнішніх сил і їх моментів, які пов'язані зі змінами траєкторії точок машини, прямо пропорційні змінам і першим похідним цих відхилень [4, 8, 16, 22].





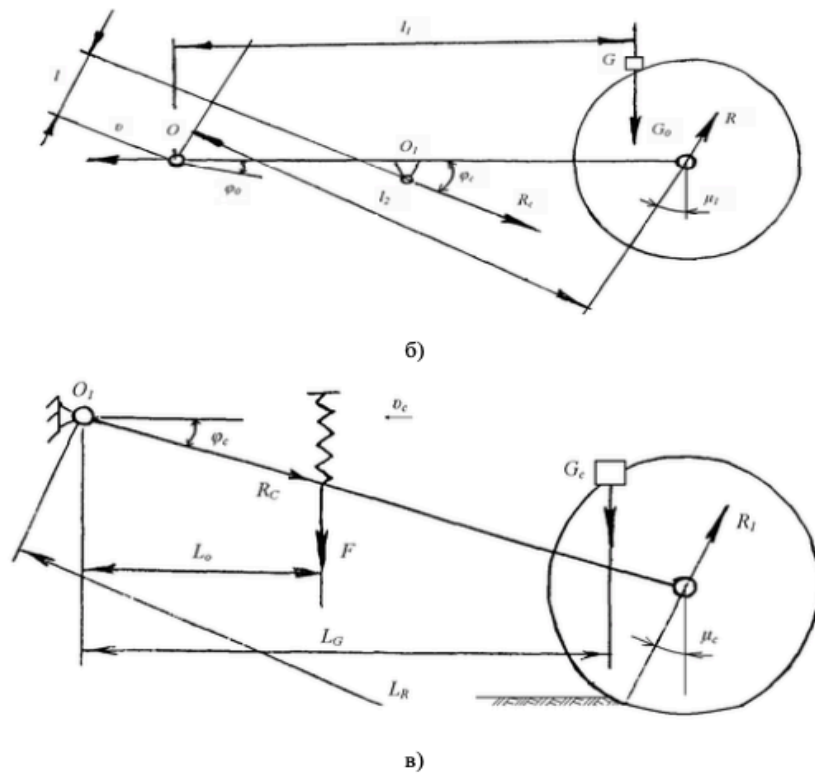


Рис. 2.5. Розрахункова схема: а) причіпної сівалки; б) основної частини сівалки; в) сошникової групи

### 2.3. Аналіз процесу руху насіння

Рух насіння в процесі висіву слід почати аналізувати з кінематичного аналізу приводу катушкового механізму насіннявисівного апарату (рис. 2.6).

На даному етапі насіння набуває початкову швидкість:

$$V_H = \omega_K * i * r = \frac{V_{ag}}{R_K} * i * r \quad (2.1)$$

де  $\omega_K$  - кутова швидкість катка,  $V_{ag}$  - лінійна швидкість руху агрегату (1...3м / с),  $R_K$  - радіус катка приводу (0,275 м),  $r$  - радіус катушки (0,025м),  $i$  - передавальне відношення між віссю приводного колеса і валом висіваючої катушки [1, 30, 35, 40].

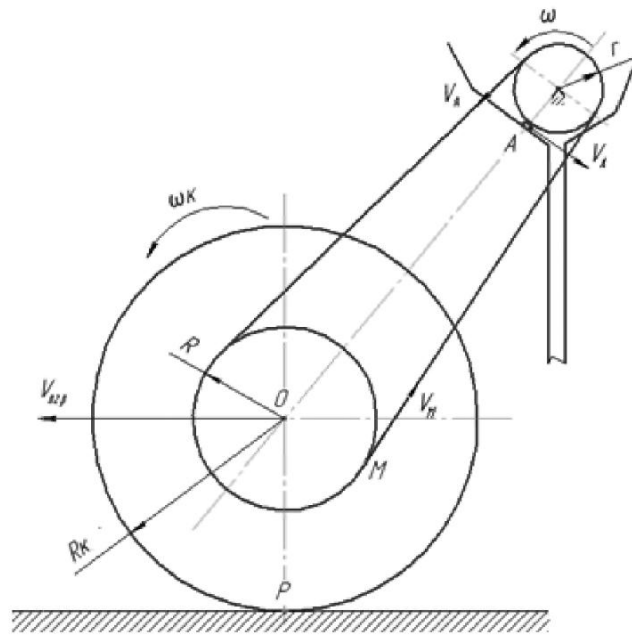


Рис. 2.6. Кінематична схема

При висіві насіння катушковим апаратом обертаюча катушка утворює біля себе обертовий кільцевий шар зернини - активний шар. Швидкість руху насіння цього шару в протилежному напрямку змінюється від максимальної швидкості, яка дорівнює окружній швидкості обертання самої катушки, до нуля на контурній лінії сфери впливу [8, 10, 25, 27]. Швидкість руху зерна в активному шарі є змінною. Разом з тим, щоб спростити розрахунки її умовно приймають постійною, а також рівною лінійній окружній швидкості ребер катушки:

$$V_k = \omega R, \quad (2.2)$$

Зразкове значення  $V_k$  варіюється в межах 2,5 ... 7,5 см / с. Також замість дійсної товщини активного шару введемо наведену товщину [27]:

$$C = A + BL, \quad (2.3)$$

де  $A$  - початкова координата (1,5 ... 1,7 мм.);  $L$  - робоча довжина катушки;  $B$  - кутовий коефіцієнт (0,2 ... 0,3).

Окружна швидкість зерна на виході з посівного апарату буде дорівнювати добутку кутової швидкості обертання катушки на радіус ребра катушки і буде направлена перпендикулярно радіусу.

Так як значення кута нахилу швидкості насіння до горизонту мало, то вертикальну складову швидкості насіння на виході з котушки можемо вважати рівною нулю. Початкова горизонтальна швидкість буде перебувати в межах від 2,5 см / с до 7,5 см / с в залежності від кутової швидкості обертання котушки [40]. Тоді окружна швидкість дорівнюватиме горизонтальній швидкості руху насіння.

Наступним етапом слід розглянути рух насіння по насіннепроводу. Якщо припустити, що насіння скочується по насіннепроводу під деяким кутом  $\alpha$ , тоді основне рівняння динаміки руху насіння матиме такий вигляд:

$$m\vec{a} = \sum \vec{F}_K, \quad (2.4)$$

де  $m$  - маса насіння;  $\vec{a}$  - вектор прискорення насіння;  $\sum \vec{F}_K$  - сума сил, що діють на насіння.

Основні сили, що діють на насіння: сила тяжіння насіння ( $\vec{G}$ ), сила тертя ( $\vec{F}_{mp}$ ), а також сила нормальної реакції опори ( $\vec{N}$ ) (рис. 2.7) [4, 9, 15, 16, 25, 44].

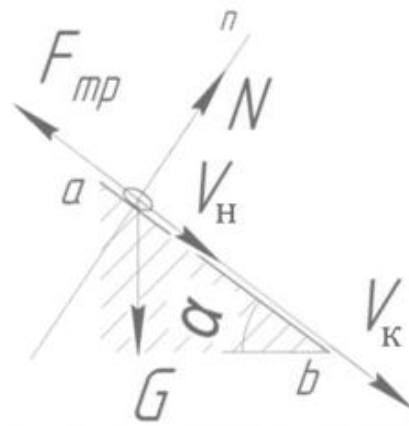


Рис. 2.7. Схема сил, що діють на насіння

Тоді рівняння (2.4) прийме наступний вигляд:

$$m\vec{a} = \vec{G} + \vec{F}_{mp} + \vec{N}, \quad (2.5)$$

У проекційному вигляді рівняння (2.5) матиме наступний вигляд:

$$ma = G * \sin\beta - f_{mp} * G * \cos\beta, \quad (2.6)$$

де  $\beta$ - кут нахилу;  $f_{тр}$  - коефіцієнт тертя.

Далі запишемо рівняння ((2.6) в диференціальній формі:

$$\frac{dv}{dt} = g(\sin\beta - f * \cos\beta), \quad (2.7)$$

Вводимо додаткові значення:

$$g(\sin\beta - f * \cos\beta) = A \quad (2.8)$$

Отримуємо:

$$\frac{dv}{dt} = A \quad (2.9)$$

Помноживши обидві частини рівняння (2.8) на dt, проінтегруємо:

$$\int dv = \int A dt \quad (2.10)$$

Після інтегрування (2.10) і введення деякої константи (C) отримуємо:

$$V = At + C \quad (2.11)$$

Отримуємо, що швидкість насіння в насіннепроводі буде змінюватися відповідно до закономірності (рис. 2.7) [128]:

$$V_b = At + V_a \quad (2.12)$$

Після насіннепроводу насіння потрапляє в міждисківий простір і до удару з розсіювачем знаходиться у вільному падінні. Аналізуючи рух, приходимо до висновку, що динаміка руху насіння описується аналогічним виразом (2.5). Однак при вільному падінні насіння на нього буде діяти лише сила тяжіння ( $\vec{G}$ ), тоді:

$$m\vec{a} = \vec{G} \quad (2.13)$$

Далі за вищевказаним способом введемо деяку константу ( $C_1$ ) і, проінтегрувавши, отримуємо:

$$V = gt + C_1 \quad (2.14)$$

Прийнявши, що  $V_{H1}$  гориз (рис. 2.8) буде прагнути до 0, то швидкість до удару з розсіювачем сошника визначається за рівнянням [32]:

$$V_0 = gt + V_{H1} * \sin\beta \quad (2.15)$$

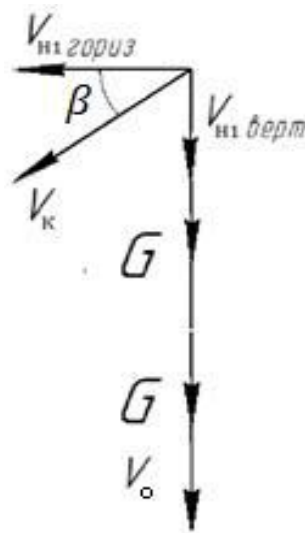


Рис. 2.8 Схема руху зернини при виході з насіннепроводу

Слідуючи за класичною теорією удару, розраховуючи швидкість відображення, застосовують коефіцієнт відновлення нормальної складової швидкості [3, 8, 9, 19, 22]:

$$K_B \sqrt{\frac{H_1}{H_0}}, \quad (2.16)$$

де  $H_1$  висота відскоку зернини;  $H_0$  - початкова висота падіння зернини.

Швидкість насіння після удару із застосуванням коефіцієнта відновлення має наступний вигляд [9, 18, 41]:

$$V_1 = V_0 \cdot K_B, \quad (2.17)$$

де  $V_0$  - швидкість зернини перед ударом.

Цей коефіцієнт може бути визначений тільки експериментальним шляхом і залежить від пружних властивостей тіл, які соударяються і не враховують зміну швидкості насіння від втрати кінетичної енергії на згинання набору клавіш розподільника [41].

На швидкість падіння насіння впливають такі фактори, як початкова висота падіння зернини  $H$  до зіткнення з розсіювачем, модуль пружності  $E$ , довжина клавіші розсіювача  $l$ , динамічне переміщення тіла напрямку удару  $\delta_d$ ,

момент інерції  $J$ . Математична модель об'єкта дослідження може бути сформульована таким чином:

$$y = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_i), \quad (2.18)$$

де  $y$  - параметр (критерій) оптимізації;

$x_1, x_2, \dots, x_i$  - незалежні змінні (фактори), які піддаються варіації під час проведення експерименту.

Для спрощення розрахунків прийняті наступні допущення:

- розглядається рух одного зерна при зіткненні з однією клавішею розсіювача;

- насіння розглядалося як матеріальна точка.

Енергія, яку отримало насіння до моменту удару - кінетична і може бути знайдена за формулою [6, 9, 16, 17, 22]:

$$T = \frac{mV_0^2}{2}, \quad (2.19)$$

де  $m$  - маса однієї зернини

Так як набір клавіш розподільника є рухомим, то виникає необхідність урахування втрат кінетичної енергії на деформацію розсіювача, тобто на роботу, що здійснюються зернівкою на вигин набору клавіш розподільника [41]:

$$A = N * \delta_d, \quad (2.20)$$

де  $N$  - сила удару ( $mg$ );  $\delta_d$  - переміщення тіла в динаміці (рис. 2.9).

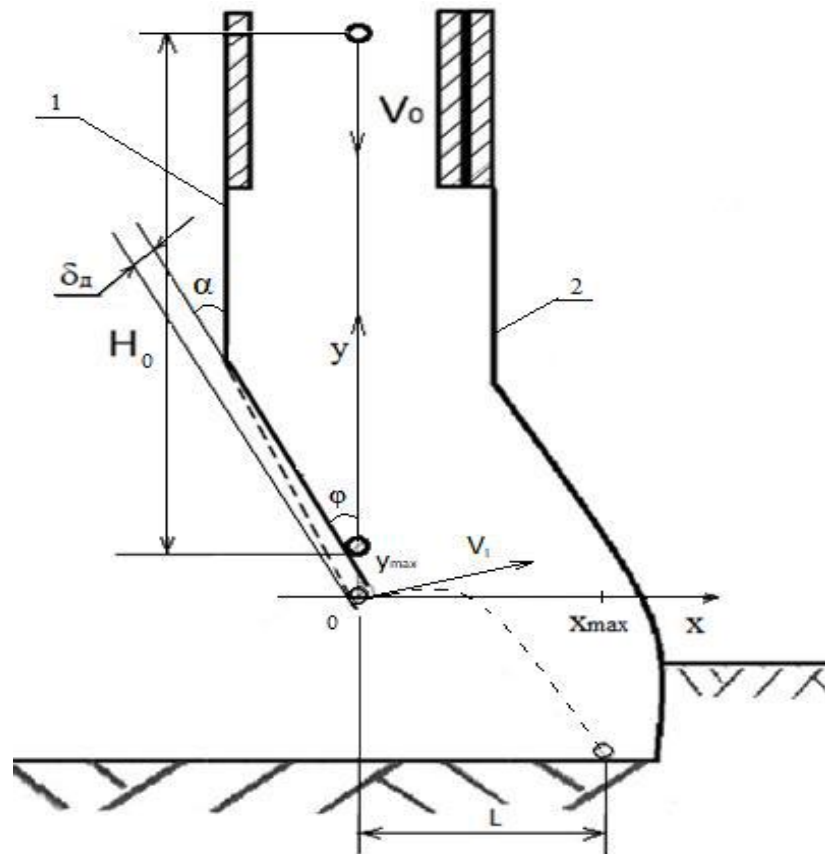


Рис. 2.9. Схема руху насіння в сошнику

Розрахунок переміщення тіла в динаміці напрямку удару проводиться за формулою [9]:

$$\delta_d = K_d \cdot \delta_c \quad (2.21)$$

де  $K_d$  - динамічний коефіцієнт;  $\delta_c$  - деформація тіла в статиці.

Динамічний коефіцієнт знаходиться за формулою [7]:

$$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H_0}{\delta_c}}, \quad (2.22)$$

де  $H_0$  - початкова висота падіння зернини.

Деформація в статиці вдаряемого перетину розраховується за наступною формулою [9]:

$$\delta_c = \frac{Pl^3}{3EJ} \quad (2.23)$$

де  $P$  - вага насіння,  $N$ ; - довжина однієї клавиші розподільника;  $E$  - модуль пружності (табличне значення);  $J$  - момент інерції.

А момент інерції при поздовжній деформації визначається [16]:

$$J_X = \frac{hb^3}{12} \quad (2.24)$$

де  $h$  і  $b$  - ширина і товщина клавiші відповідно.

Робота, що здійснюється насінням на вигин клавiші розподiльника:

$$A_c = \frac{4P^2l^3}{Eah^3} * \left(1 + \sqrt{1 + \frac{2H_0Eah^3}{4P^2l^3}}\right), \quad (2.25)$$

де  $P$  - вага насіння, Н.;  $l$  - довжина клавiші розсіювача, м.;  $h$  - товщина клавiші розсіювача, м.;  $a$  - ширина клавiші розсіювача, м.;  $H_0$  - початкова висота падіння зернини, м. (Рис. 2.9);  $E$  - модуль пружності, МПа.

Звідси випливає, що кінетична енергія зернини після зіткнення [26, 28, 29]:

$$T_1 = T_0 - A_c \text{ Дж.} \quad (2.26)$$

де  $T_0$  – кінетична енергія насіння до удару, Дж.

Для того щоб оцінити втрати енергії на прогинання клавiш розподiльника введемо поняття коефіцієнта ( $K_{\delta_d}$ ), який описує залежність післяударної швидкості польоту зернини від втрат кінетичної енергії на деформацію розсіювача. Визначити даний коефіцієнт можна по залежності:

$$K_{\delta_d} = \sqrt{\frac{T_0 - A_c}{T_0}} \quad (2.27)$$

Звідси випливає, що швидкість зернини після удару з урахуванням різних властивостей матеріалу, а також втрати кінетичної енергії на прогинання клавiші розподiльника, прийме такий вигляд:

$$V_1 = V_0 \cdot K_B \cdot K_{\delta_d} \quad (2.28)$$

Траєкторія, по якій рухається насіння після зіткнення з розподiльником, можна розрахувати за формулою [5]:

$$y = \text{tg}\varphi \cdot x - g \cdot x^2 / 2V^2 \cdot \cos^2 \varphi, \quad (2.29)$$

де  $\varphi$  - кут падіння, град.;  $y$  і  $x$  - координати точки зіткнення, м.; прискорення вільного падіння, м / с<sup>2</sup>;

Розкривши значення післяударної швидкості польоту насіння, отримаємо повне рівняння руху зернини:



$$y = tg\varphi * x - \frac{gx^2}{2(V_0 K_B K_{\delta d})^2 * \cos^2\varphi}, \quad (2.30)$$

Траєкторія руху насіння набуде вигляду параболи, яка буде проходити через початок координат і вісь якої паралельна осі ординат (рис. 2.10). Підставивши значення  $y = 0$  в рівняння (2.29), отримаємо два значення змінної  $x$ . Одне дорівнюватиме нулю, а друге буде визначати дальність відльоту [39]:

$$x = V^2 \cdot \sin 2\varphi / g \quad (2.31)$$

Змінюючи в рівняння (2.29) змінну  $x$  на величину, рівну половині дальності відльоту, можна визначити максимальну висоту підйому зернини [43]:

$$y_{\max} = V^2 \cdot \sin^2 \varphi / 2g \quad (2.32)$$

Для запобігання подальшого удару насіння з профілем має виконуватися наступна умова: максимальна дальність польоту насіння після удару  $X_{\max}$  повинна бути менше відстані до профілеобразователя  $X_2$  (рис. 2.10).

Для більш повного розуміння траєкторії польоту насіння до зустрічі з ґрунтом необхідно скористатися паралельним переносом системи координат таким чином, що точка  $M$  має координати  $X_1$  і  $Y_1$  (рис.2.7). Відповідно, для знаходження координат всіх точок що проектуються початковою системою координат  $f(x; y)$  на нову  $f(X; Y)$  скористаємося формулою:

$$\begin{cases} X = a + x \\ Y = b + y \end{cases} \quad (2.33)$$

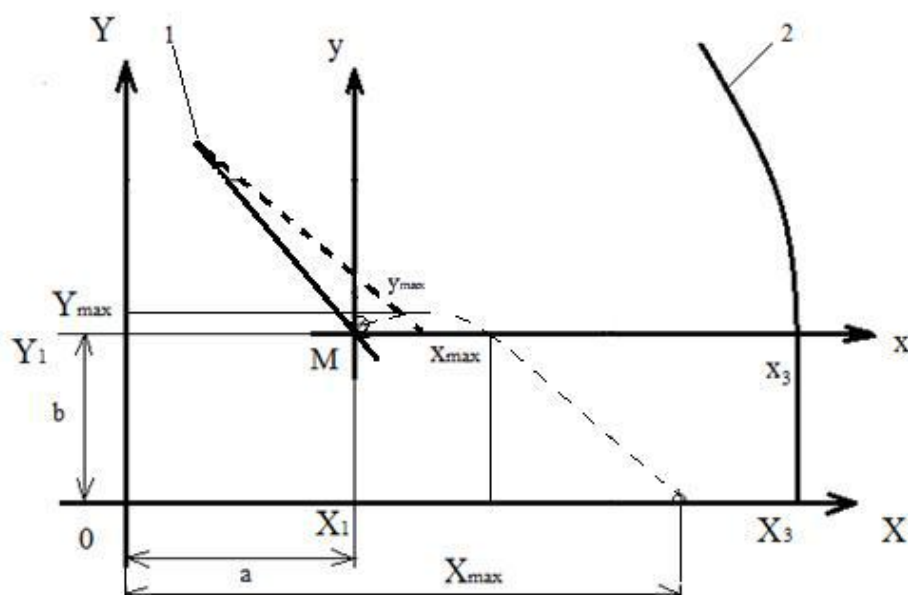


Рис. 2.10. Паралельний перенос системи координат

Система координат  $f(X; Y)$  має реальні значення по осях  $X$  і  $Y$ , визначальним становище розсіювача в міждисковому просторі. Таким чином, максимальна висота підйому насіння в новій системі координат визначається як:

$$Y_{\max} = b + u_{\max}, \quad (2.34)$$

Так як траєкторією руху насіння після удару є парабола, то висота підйому буде визначатися як:

$$Y = \operatorname{tg}\varphi \cdot X - g \cdot X^2 / 2V^2 \cdot \cos^2 \varphi = -b, \quad (2.35)$$

Отримуємо рівняння другого порядку:

$$Y = \operatorname{tg}\varphi \cdot X - g \cdot X^2 / 2V^2 \cdot \cos^2 \varphi + b \quad (2.36)$$

Для вирішення даного рівняння знайдемо дискримінант:

$$D = \operatorname{tg}^2 \varphi + 4gb / 2V^2 \cdot \cos^2 \varphi \quad (2.37)$$

Так як  $D > 0$ , тому рівняння матиме два значення  $X$ , найбільше значення визначить максимальну дальність відльоту насіння після удару в новій системі координат:

$$X_{\max} = \frac{-\operatorname{tg}\varphi + \sqrt{D} \cdot 2V^2 \cdot \cos^2 \varphi}{2g} \quad (2.38)$$

Отримано залежності для визначення швидкості падіння насіння і траєкторії їх руху після удару об розподільник з урахуванням втрати кінетичної енергії, витраченої на деформацію клавіш. Встановлено незалежні змінні (фактори), що визначають кінцеву швидкість падіння зернини, які можна варіювати при постановці експерименту.

#### 2.4. Взаємодія між насінням при посіві

Раніше ми розглядали рух окремого зерна. Перейдемо до опису руху сукупності насіння. Всі зерна рухаються за траєкторією, що описана вище загальними закономірностями. Але, кожне насіння має індивідуальний час

вильоту, а також початкову точку і швидкість. Так як в даних описах не існує детермінованих закономірностей, можемо скористатися законом нормального розподілу.

Якщо зерна з'являються в випадковий момент часу, то можна вважати, що ймовірність вильоту одночасно трьох або більше зернівок вкрай мала. Тоді для імітації вильоту зерна взято випадкове рівномірний розподіл з наступною щільністю розподілу:

$$P(t) = ae^{-at}, \quad (2.39)$$

де  $a$  - частота появи насіння;  $e$  - підстава натуральних логарифмів ( $e \approx 2,7$ );  $t$  - час появи насіння.

Математичне сподівання часу вильоту одного зерна дорівнюватиме:

$$\int_0^{\infty} tP(t)dt = \int_0^{\infty} tae^{-at} dt + \frac{1}{a}. \quad (2.40)$$

Для того щоб забезпечити необхідну середню норму висіву насіння зі значенням  $\lambda = 100$  шт / м<sup>2</sup>, необхідно вибрати параметр  $a$  з наступної формули:

$$a=2 \cdot U \cdot \lambda \cdot V, \quad (2.41)$$

де  $U$  - ширина розсіювача;  $V$  - швидкість руху сівалки;  $\lambda$  - норма висіву.

Для генерації випадкової величини з даної щільністю розподілу (2.40) можемо використовувати такий вираз [18]:

$$\tau = -\frac{1}{a} \ln \zeta, \quad (2.42)$$

де  $t$ , - рівномірно розподілена на певному інтервалі (0,1) якась величина.

Для генерації точки вильоту, а також початкової швидкості вильоту насіння прийнятий широко поширений закон з щільністю ймовірностей:

$$f(x, y, z) = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{3}{2}} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x^2}{\sigma_x^2} + \frac{y^2}{\sigma_y^2} + \frac{z^2}{\sigma_z^2} \right)} \quad (2.43)$$

Для початкової швидкості було застосовано співвідношення:

$$(V_x, V_y, V_z) = (V_x^0, V_y^0, V_z^0) + (\varepsilon_x \varepsilon_y \varepsilon_z), \quad (2.44)$$

де  $\vec{\varepsilon} = (\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z)$  - випадковий вектор, розподілене за нормальним законом з щільністю ймовірностей, визначеної за формулою (2.43);  $(V_x^0, V_y^0, V_z^0)$  - деякий вектор, який визначається конструкцією лотка.

Так як математичне очікування випадкового вектора  $\vec{\varepsilon}$  буде збігатися з нульовим вектором, то  $\vec{V}_0$  - більш наближена швидкість появи зернини [4].

Величини  $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  - дисперсії, які характеризують «розкид» швидкостей; якщо вони зменшуються, то буде зменшуватися і «розкид» в векторі. Для генерації точки вкидання насіння всередину насіннепроводу взято наступне рівність:

$$\vec{Q} = (Q_x, Q_y, Q_z) + (\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z), \quad (2.45)$$

Де  $\vec{Q}$  - точка найбільш ймовірного знаходження розподілу насіння за нормальним законом.

Для вибору випадкового вектора  $\vec{\varepsilon}$  використовувався метод Неймана. Сенс цього методу полягає в наступному: генеруються чотирирівномірно розподілені величини  $\zeta_x, \zeta_y, \zeta_z, \zeta_f$ , які задовольняють таким умовам:

$$-10 \cdot s < \zeta_x, \zeta_y, \zeta_z < 10 \cdot s, \quad (2.46)$$

$$0 \leq \zeta_f < s, \quad (2.47)$$

$$S = \frac{1}{(2\pi)^{\frac{2}{3}} \sigma_x \sigma_y \sigma_z}. \quad (2.48)$$

А якщо ця нерівність не виконується, то тоді проводиться подальша генерація [44].

## 2.5. Обґрунтування параметрів розсіювача насіння

Після проведеного теоретичного аналізу руху насіння від висівного апарату до насінневого ложа необхідно визначити основні геометричні параметри розсіювача насіння:

1. Довжина клавів розсіювача (l) м;
2. Висота установки розсіювача над насінневим ложем ( $h_{min}$ ), М;
3. Ширина клавів (a), м;

4. Товщина клавiш ( $h$ ), м;
5. Кут нахилу клавiш ( $\alpha$ ), град;
6. Кiлькiсть клавiш  $K_k$ , шт;
7. Вибiр матерiалу розсiювача.

Довжина клавiш розсiювача насiння знаходиться в безпосереднiй залежностi вiд траекторiї руху насiння в мiждисковому просторi.

Дальнiсть польоту насiння  $X_{\max}$  повинна бути менше нiж вiдстань до профiлеутворювача  $L$  (рис. 2.9). В iншому випадку вiдбудеться зiткнення зернини через профiль. Таким чином, маємо:

$$\frac{(-tg\alpha + \sqrt{D}) * 2V_1^2 * \cos^2 \alpha}{2g} \leq L \quad (2.50)$$

Так як на дальнiсть польоту насiння має вплив швидкiсть її польоту, а вона безпосередньо залежить вiд динамiчної деформацiї клавiшi розсiювача в напрямку удару  $\delta_d$ , то, змiнивши кiнцеву швидкiсть польоту зерна формулами (2.21, 2.22, 2.23, 2.26, 2.27), отримаємо:

$$\frac{(-tg\alpha + \sqrt{D}) * 2((V_0 K_B K_{\delta_d}))^2 \cos^2 \alpha}{2g} \leq L \quad (2.51)$$

Далi з виразу (2.51) необхідно вивести довжину клавiшi, скориставшись формулами (2.20, 2.21, 2.23, 2.26, 2.27, 2.28):

$$1 \leq \sqrt{\frac{(T_0 - \frac{4P^2L^3}{Eah^3} * (1 + \sqrt{1 + \frac{2H_0Eah^3}{4P^2L^3}})) * 3EJ}{NK_{dQ}}} \quad (2.52)$$

Дану нерiвнiсть вирiшуємо в системi Mathcad v.12.0 (функцiя solve) i на основi чисельних значень отримуємо довжину клавiшi розсiювача  $l = 0.11043$  м.

Однак, для потрапляння насiння на розсiювач довжина його клавiшi конструктивно повинна бути не менше 0,07 м.

Таким чином, ґрунтуючись на конструктивних особливостях сошника i виходячи з розрахункiв, визначили, що теоретичнi значення довжини клавiшi розсiювача знаходяться в межах  $l = 0,07 \dots 0,11$  м.

Для обґрунтування висунутої нами наукової гіпотези про вплив післяударної швидкості польоту насіння на рівномірність розподілу насіння була знайдена залежність післяударної швидкості зернини від довжини, ширини, товщини, кута повороту клавиші розсіювача. При перетворенні формули (2.28) отримали наступну залежність:

$$V_1 = V_0 K_B \sqrt{\frac{T_0 - \frac{4P^2 L^3}{Eah^3} * (1 + \sqrt{1 + \frac{2H_0 Eah^3}{4P^2 L^3}})}{T_0}} \quad (2.52)$$

Дана залежність визначає так само і оптимальне значення модуля пружності при якому досягається ~~максимально~~ можливе зниження післяударної швидкості зернини. Вибір матеріалу розсіювача обґрунтований значенням модуля пружності.

Мінімальна висота установки розсіювача  $h_{min}$  буде залежати від динамічної деформації клавиші розсіювача  $\delta_d$  (рис. 2.9) і обмежена його значенням. Висота  $h_{уст.} \geq \delta_d$  розсіювача повинна бути:

$$h_{min} \geq \delta_d \quad (2.54)$$

Розкривши значення  $\delta_d$  у формулі (2.54), отримаємо наступну залежність:

$$h_{min} \geq \frac{K_d P l^3}{3EJ} \quad (2.55)$$

Підставши числові значення і розв'язавши нерівність (2.55) в програмі Mathcad v.12.0, отримаємо значення  $h_{min} \geq 0,15431$  м.

Максимальне значення обмежено конструктивними особливостями сошника і становить  $h_{min} \approx 0,19$  м.

Таким чином, теоретичне значення висоти установки розсіювача знаходиться в межах  $h_{min} = 0,15 \dots 0,19$  м.

Ширина набору клавиш або ширина розсіювача  $b_p$  обмежується міждисковим простором  $b_c$ . Однак для повноцінного функціонування сошника необхідно врахувати зазори  $z$  між дисками і розсіювачем (рис. 2.11).

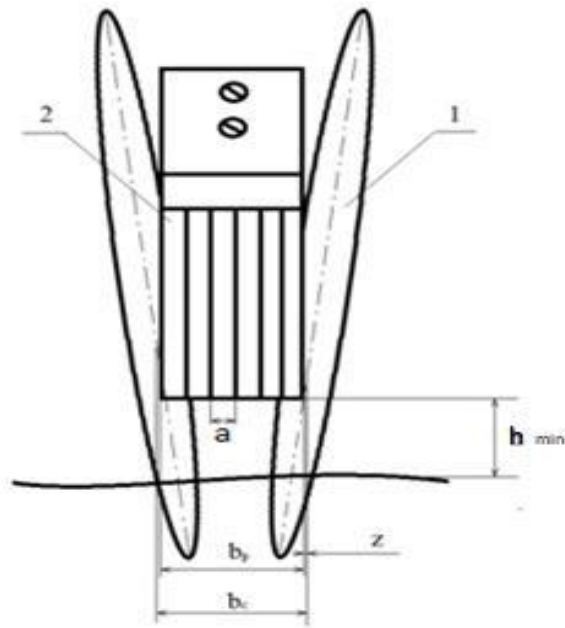


Рис. 2.11. Схема розташування розсіювача в міждисківому просторі, вид ззаду. 1 диски сошника; 2 – розсіювач

На підставі цього можемо записати наступну нерівність:

$$b_p \leq b_c - z \quad (2.56)$$

Необхідно також врахувати обмеження максимального зазору  $z$ , який чисельно не повинен перевищувати ширину однієї клавіші, тоді:

$$z \leq a \quad (2.57)$$

Скориставшись формулою (2.24), встановимо ширину однієї клавіші, яка визначається наступним висловом:

$$a = \frac{12Jx}{h^3} \quad (2.58)$$

Кількість клавіш в наборі  $K_K$  знайдемо з наступної рівності:

$$K_K = \frac{b_p}{a} \quad (2.59)$$

Проведені розрахунки за вищевказаними формулами з чисельними значеннями показали, що ширина розсіювача  $b_p = 0,0742$  м при зазорі  $z = 0,0031$  м з кількістю клавіш  $K_K = 7$  і їх шириною  $a = 0,0096$  м.

Отже, теоретичні дослідження з розподілу зернини в міждисківому просторі при безрядковому способі посіву показали наступні результати:

1. Розроблено математичну модель швидкості руху зернини після удару об розсіювач, що дозволяє визначати післяударну швидкість насіння в залежності від матеріалу розсіювача.

2. Розроблено математичну модель у вигляді рівняння другого порядку, що відрізняється тим, що дозволяє проводити пошук оптимальних умов протікання технологічного процесу, що забезпечують виконання агротехнічних вимог.

3. Знайдено теоретичне обґрунтування основних параметрів клавішного розсіювача насіння дводискового сошника для смугового способу посіву зернових культур.



## **РОЗДІЛ 3. ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **3.1 Програма і методика експериментальних досліджень**

#### **3.1.1 Програма експериментальних досліджень**

Рівномірний розподіл зернини по площі живлення при вирощуванні зернових культур є одним з основних факторів, що в подальшому впливає на розвиток рослини і врожайність. Робочі органи висівних апаратів повинні мати параметри, що забезпечують рівномірність розподілу насіння в рядку.

Експериментальні дослідження мають на увазі знаходження залежності розподілу насіння від параметрів робочого органу дискового сошника. Для вирішення поставлених завдань з урахуванням прийнятої наукової гіпотези була складена програма експериментальних досліджень, яка містить наступне:

- розробка і виготовлення макета дискового вузькорядного сошника з розподільником насіння зернових культур смугового способу посіву, для враховують результати аналітичного огляду і проведених теоретичних досліджень;
- розробка і виготовлення установки для проведення лабораторних досліджень з встановленим макетом експериментального сошника;
- отримання оціночних показників, що описують процес рівномірності розподілу насіння в міждисковому просторі зернової сівалки;
- проведення лабораторних і польових досліджень із застосуванням експериментального і існуючого сошників для порівняння отриманих результатів.

#### **3.1.2. Методика досліджуваних параметрів**

Важливість визначення фізико-механічних властивостей насіння є необхідним, так як вони роблять значний вплив на процес висіву. При проведенні посіву в якості досліджуваного матеріалу використовувалися насіння ярої пшениці сорту Подолянка, урожай 2021 року. Під час дослідження якісних показників зерна, їх фізикомеханічних характеристик, а

також геометричних розмірів, були застосовані наступні методики [1, 5, 8, 13, 22, 29, 31, 32, 40, 41, 46, 48]: 1) ДСТУ 3768:2019. Методи визначення вологості; 2) ГОСТ 13586.3 - 83 «Зерно. Правила приймання і методи відбору проб».

Основними показниками фізико-механічних властивостей зерна є: 1) геометрія насіння (довжина, ширина, товщина); 2) маса 1000 насінин в грамах.

Форма і розміри зерна визначалися за допомогою штангенциркуля обміром партій насіння по сто штук кожного виду. Результати отриманих даних усереднювалися за допомогою побудови варіаційних кривих.

Відомо, що насіння за своєю формою діляться на шість основних груп [37]: 1. сферичні; 2. подвійно-сегментні; 3. еліпсоїдні; 4. напівеліпсоїдні; 5. усічено-пірамідальні; 6. бобововидні.

Маса тисячі насінин встановлювалася зважуванням партії зерен з п'ятисот штук на електронних вагах ВЛК-500 з 5-кратною повторністю (точність до 0,1 г).

В рамках висунутої нами наукової гіпотези про вплив післяударної швидкості насіння на рівномірний розподіл їх по площі, необхідно встановити вплив властивостей матеріалу розсіювача на кінцеву швидкість польоту зернини.

Для обґрунтування вибору матеріалу, з якого буде виконаний розсіювач насіння, необхідно провести теоретичні дослідження по формулі (2.28) визначення залежності післяударної швидкості польоту зернини від модуля пружності матеріалу.

Після знаходження області оптимуму значення модуля пружності, при якому відбудеться максимальне зниження швидкості польоту насіння, необхідно провести підбір найбільш поширеного матеріалу з модулем пружності які входять у цю область.

Післяударна швидкість насіння (формула 2.28) залежить і від коефіцієнтів, що враховують пружні властивості матеріалів і втрату кінетичної енергії на деформацію розсіювача. Тоді виникає необхідність проведення

експериментів з метою знаходження даних коефіцієнтів: коефіцієнта відновлення після удару  $K_v$  і коефіцієнта втрати кінетичної енергії  $K_{\delta_d}$ .

Коефіцієнт відновлення після удару  $K_v$  враховує пружні властивості тіл, що одночасно вдаряються. Його значення при ударі тіла об нерухому перешкоду дорівнює відношенню швидкості тіла після удару  $u$  до швидкості на початку удару  $v$ :

$$K_v = \frac{u}{v} \quad (3.1)$$

Значення  $K_v$  можливо визначити за допомогою формули Галілея [17]:

$$K_v = \sqrt{\frac{h}{H}} \quad (3.2)$$

де  $h$  - висота відскоку після удару;  $H$  - висота, з якої падає тіло.

Висоту відскоку  $h$  можливо визначити тільки експериментальним шляхом.

Коефіцієнт, що враховує втрату енергії, яка витрачена на деформацію клавіш розсіювача  $K_{\delta_d}$ , безпосередньо залежить від динамічної  $\delta_d$  і статичної  $\delta_s$  деформації клавіші в напрямку удару і теоретично знаходяться за формулами (2.21, 2.23). Для підтвердження розрахункових даних  $\delta_d$  і  $\delta_s$  були проведені експериментальні дослідження.

При постановці експериментів скористалися наступним обладнанням і приладами [22, 27, 29-33, 37-40]:

- 1) сталева горизонтальна поверхня;
- 2) лінійка мірна (похибка 0,0005 м.);
- 3) цифрова фотокамера для швидкісної зйомки (720p HD 240 кадрів / с.);
- 4) зразки насіння пшениці.

Порядок проведення експерименту по визначенню  $K_v$ : зразок встановлюється на задану висоту  $H$  і відпускається. За допомогою швидкісної фотозйомки реєструється висота відскоку після удару  $h$ . Експеримент проводиться за встановленою в програмі послідовністю, після чого за результатами визначають середньоарифметичне значення відскоку насіння

для даного зразка (сорти насіння) від матеріалу, з якого виконаний розсіювач з урахуванням похибок.

Порядок проведення експерименту по визначенню  $\delta_d$ : зразок встановлюється на висоту  $H$ , що дорівнює висоті від бункера до розсіювача і відпускається. За допомогою швидкісної фотозйомки реєструється максимальна величина деформації клавіші розсіювача. Експеримент проводиться за встановленою в програмі послідовністю. Після чого, за результатами визначалося середньоарифметичне значення прогину клавіші для даного зразка і матеріалу, з якого виконаний розсіювач.

Порядок проведення експерименту по визначенню  $\delta_3$ : розсіювач закріплюється і на одну клавішу кладеться одне насіння, після чого заміряється величина прогину клавіші. Після певної кількості дослідів знаходиться середньоарифметичне значення статичної деформації і достовірність отриманих результатів.

Для перевірки взаємодії розсіювача з потоком зерна скористалися високошвидкісною відеозйомкою (240 кадрів / с.). Камера встановлювалася в сторону міждискового простору і проводилася зйомка при русі агрегату. Шляхом кадрування зроблена вибірка кадрів з траєкторією окремих насінин в потоці. Накладенням отриманих знімків проводилося побудова траєкторії руху всього потоку насіння. За формулами (3.6, 3.7, 3.8, 3.9) розраховані середні відхилення при порівнянні результатів з одиничною зернівкою.

Залежно від складу ґрунту, її фізико-механічних властивостей багато в чому залежить якість посіву і надалі врожайність. Так як у Вінницькій області переважають сірі опідзолені ґрунти та чорноземи, то відповідно склад ґрунту в ґрунтовому каналі при проведенні дослідів повинен бути близький до оригіналу.

Твердість ґрунту перебувала за виразом:

$$P = \frac{hq}{F}, \text{ кг/см}^2 \quad (3.3)$$

де  $h$  - середня ордината діаграми щільності ґрунту, мм;  $g$  - жорсткість встановленої пружини, кг / мм;  $F$  - площа основи плунжера, см<sup>2</sup>.

Для проведення експериментів нами застосовувався щільномір ґрунту ЛАН-М, який мав жорсткість пружини  $g = 1,33 \text{ кг / мм}$ .

Для того щоб визначити щільність ґрунту, повторність вимірів проводилася не менше ніж 25 раз по всій площі ґрунтового каналу. Для визначення середньої щільності ґрунту вимірювання проводилися в шарах:

- 1) 0 – 10 см;
- 2) 10 – 20 см;
- 3) від 20 і до кінця орного шару.

Для визначення вологості ґрунту скористалися такою формулою:

$$A = \frac{m_b - m_c}{m_c} 100\%, \quad (3.4)$$

де  $m_b$  - маса вологості ґрунту;

$m_c$  - маса сухого ґрунту.

Проби ґрунту з різних глибин засипалися в бюкси і відбувалось зважування, після чого вони висушувалися в сушильній шафі протягом приблизно 5-7 г. при середній температурі 100-150С.

Для визначення рівномірності розподілу насіння вздовж рядка використовують метод, в якому два способи вимірів: дистанційний і секційний. При дистанційному способі замірялася відстань між насінням в рядку, а при секційному підраховувалася кількість насіння в 5 сантиметрових відрізках рядка. Також застосовувався спосіб з використанням квадратів зі стороною 5 см, проте даний спосіб має істотний недолік: він не враховує крайні можливі випадки розподілу насіння.

При проведенні експериментальних і польових дослідів необхідно використовувати один і той же насінневий матеріал.

Всі дослідження проведені на експериментальній лабораторній установці з виготовленими розсіювачами насіння, що мають різні технологічні та геометричні параметри (рис. 3.3).



Рис. 3.1. Експериментальні розсіювачі

Для проведення експериментів з розподілу насіння нами був виготовлений планшет з розмірами  $2,0 \times 0,30$  м і товщиною 0,02 м (рис. 3.4). Внутрішній простір планшета було розділене перегородками товщиною по 0,005 м. Отримані квадрати показують площа живлення одного насіння (25 см<sup>2</sup>).

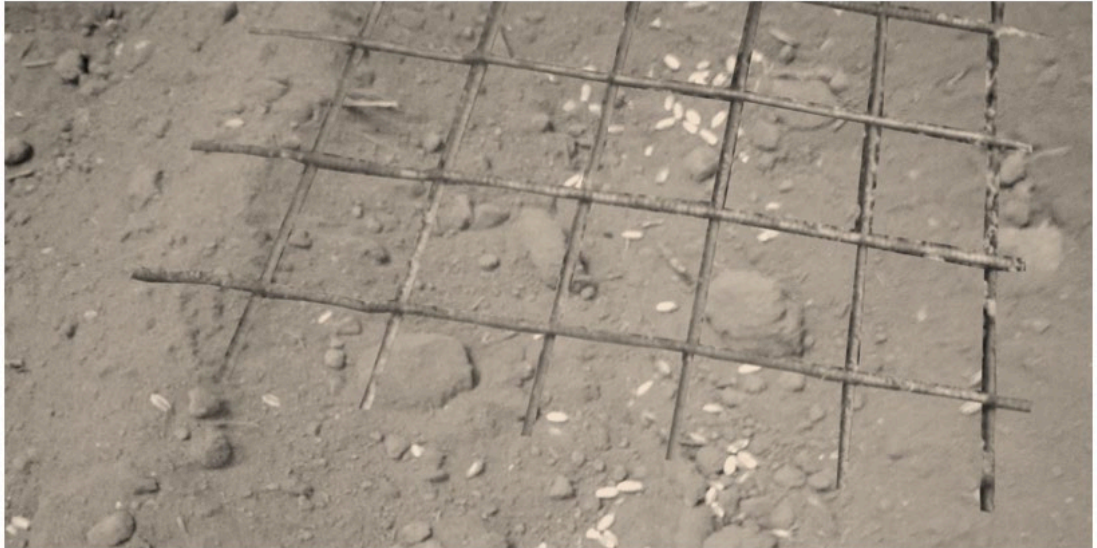


Рис. 3.2. Визначення рівномірності розподілу насіння

Для більш повної картини висіваючий апарат налаштовували на задану норму висіву перед кожним проведенням експериментів. У міждисковому просторі встановлювалися розсіювачі насіння з певними параметрами робочої поверхні і різною геометрією. Далі запускалася лабораторна установка. Візок з встановленим на ній сошником приходив у рух. Так як ззаду сошника був відсутній загортач, то насіння залишалися в полі зору неприсипаними. Після цього на борозенку з висіяної зернини прикладався виготовлений планшет і за отриманою картиною судили про рівномірність розподілу насіння по площі. Потім проводились всі необхідні розрахунки і їх аналіз. Отримані дані експериментів наведені в наступному розділі.

Після підрахунку квадратів без зернини, з одним насінням, двома, трьома і т.д. підраховано процентний вміст цих квадратів до їх загальної кількості:

$$W_{KB} = \frac{n_i}{N} \cdot 100\%, \quad (3.5)$$

де  $n_i$  - кількість квадратів з  $i$ -тим змістом насіння;  $N$  - загальна кількість квадратів.

Отримані дані зображують графічним шляхом по кожному розсіювачу насіння або поєднуючи їх. По осі абсцис відкладають порожні ділянки, з

одним, двома, трьома і т.д. насінням, а по осі ординат - їх частота. Такий графік зазвичай доповнюють іншим графіком, але з тією ж віссю абсцис. Для того щоб отримати дані, що відкладаються по осі ординат, необхідно підрахувати сумарну кількість зернівок на ділянках з різною кількістю.

$$\frac{m_1}{M_c} \cdot 100\% + \frac{m_2}{M_c} \cdot 100\% + \dots + \frac{m_i}{M_c} \cdot 100\% = 100\% \quad (3.6)$$

де  $m_{1,2} \dots i$  - сумарна кількість насіння, що розмістилися на ділянках з різною кількістю насіння;  $M_c$  - всього насіння.

Отримані значення відклали по осі ординат. Абсциса точки перетину цих двох графіків відображає середнє число насіння на ділянці, а по осі ординат показує відсоток ділянок з таким числом зерен.

Далі було виміряно середню відстань між насінням за методом Хееге і проведені розрахунки згідно з цією методикою [22].

### **3.2. Експериментальний сошник і установка для проведення експериментів**

Лабораторна установка складається з: візка 6, що рухається по рейках ґрунтового каналу 14, який має довжину 12 метрів. На рамі візка встановлено висіваючий апарат 8, бункер насіння 7, насіннепровід 10, дисковий сошник 11 і штанга з пружиною 15. Для запобігання пошкоджень сошника і його робочих органів вони піднімаються за допомогою підйимального пристрою і фіксуються важелем 13, коли візок 6 рухається назад. Сам візок рухається за допомогою електродвигуна 2 і приводних барабанів 4 і 5.

Принцип роботи експериментальної установки.

Для проведення кожного з дослідів висіваючий апарат необхідно налаштувати на норму висіву насіння в межах 180 - 210 кг / га. За допомогою рідинного реостата 3 змінюється сила струму в обмотці збудження електродвигуна 2, тим самим варіюється необхідна швидкість руху сошника від 1,11 до 1,94 м / с. В якості приводу висівного апарату застосовується ланцюгова передача 9. Зернівка з бункера 7 потрапляє в насіннепровід 10 і далі



на розсіювач сошника 12, після чого насіння розподіляються по насінєвому ложі в міждисковому просторі.

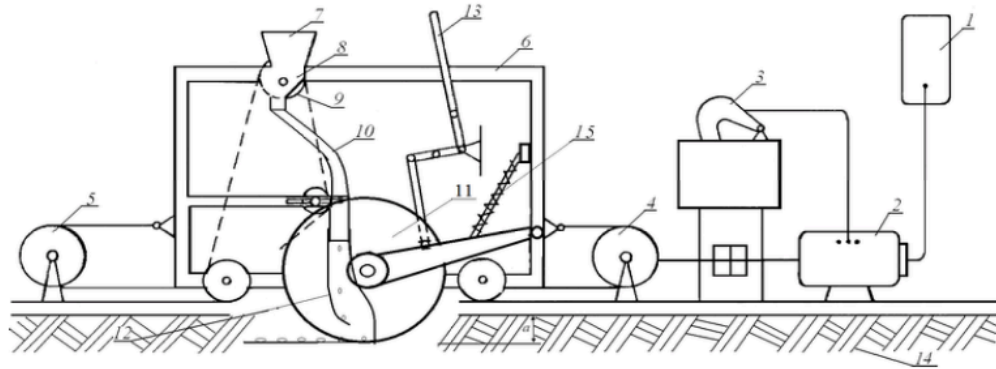


Рис. 3.3. Лабораторна установка: 1-розподільний щит; 2-електродвигун; 3 рідинний реостат; 4,5- барабани приводів; 6-рама візка; 7-бункер для насіння; 8-котушковий висіваючий апарат; 9-ланцюгова передача; 10-насіннепровід; 11- дисковий сошник; 12-розсіювач насіння; 13-підйомне пристосування; 14- ґрунтовий канал; 15-штанга з пружиною.

Для посіву на просторах України великого поширення отримав вузькорядний спосіб посіву зернових культур з використанням зернотукової вузькорядної сівалки зернової СЗ-3,6. Дана сівалка передбачає посів з міжряддям 7-8 см. Сошник сівалки має кут між дисками 18 градусів (рис. 3.4). При роботі сівалки диски 1 сошника утворюють дві борозенки, відстань між якими 7-8 см. Зернівка з насінняпровода ділиться на два потоки за рахунок ділильної лійки 2, яка кріпиться до горловини корпусу сошника.

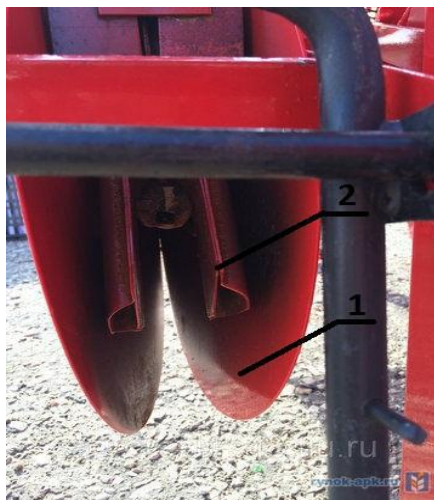


Рис. 3.4. Дводисковий сошник: 1 диск; 2 воронка розподільна.

Недолік даного сошника - загущеність зернини в рядках. Щоб уникнути загущеності насіння був сконструйований дводисковий вузькорядний сошник для смугового посіву [41], що складається з корпусу (1), двох дисків (2), профілеутворюючого ложа (3) і розподільника насіння (4) ( рис. 3.5).

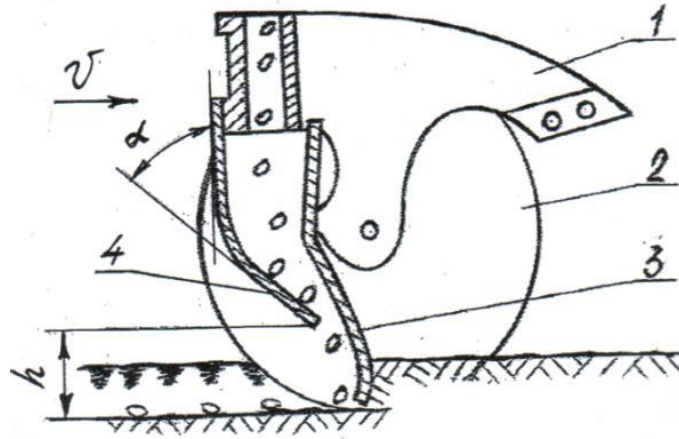


Рис. 3.5. Схема вдосконаленого дводискового сошника: 1 - корпус; 2- диск; 3 - профілеутворювач; 4 – розподільник

Під час руху сівалки диски (2) формують дві борозни з міжряддям 6,5 ... 7 см. Профілеутворювач (3), розташований в міждисковому просторі (2), формує ложе, зсунувши при цьому ґрунт з міжряддя до дисків (2). Після насіннепроводу насіння потрапляють на розподільник (4) і розподіляються між дисками шириною 6 - 6,5 см.

На рис. 3.6 представлений модифікований сошник.



Рис. 3.6. Модифікований сошник

У модифікованому сошнику встановлювався розсіювач насіння, який має цільну плоску форму. При зіткненні насіння з поверхнею розсіювача швидкість їх падіння висока, що призводить до порушення рівномірності рядка посіву. А також при зіткненні відбувається пошкодження насіння.



Рис. 3.7. Клавішний розсіювач насіння

Для підвищення рівномірного розподілу зернини нами був розроблений клавішний розсіювач насіння. Після насінняпровода потік насіння надходить на пластини клавіші розсіювача, де насіння за рахунок прогинання пластин амортизують і знижують швидкість падіння. Далі насінневий потік розподіляється по всій ширині насінневого ложа. Такий технічний результат дозволить підвищити якість розподілу насіння по площі. На рис. 3.7 представлений модифікований розсіювач.

## РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ І АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 4.1. Результати вимірювань фізико-механічних параметрів насіння сільськогосподарських культур

Для проведення експериментів була обрана пшениця сорту Подолянка. Даний сорт є більш пристосованим до природно-кліматичних умов Вінницької області, дає більш високі врожаї і широко використовується в даному регіоні.

Для вимірювання основних фізико-механічних властивостей даної зернової культури були проведені дослідження (100 вимірювань), результати яких наведені в таблиці (4.1).

**Таблиця 4.1**

#### **Фізико-механічні параметри насіння, отримані в наслідок досліджень**

Показники	Пшениця
Чистота, %	99,2
Сходження, %	95
Маса 1 тис. насінин, г	45,1
Середній розмір насінин, мм	
Довжина	6,7
Ширина	3,6
Висота	3,1
Середньоквадратичне відхилення, мм	
Довжина	0,5
Ширина	0,2
Висота	0,3
Коефіцієнт варіації, %	
Довжина	14,9
Ширина	8,9
Висота	9,1
Еквівалентний діаметр, мм	4,4

На підставі отриманих даних для більш наочного розуміння розподілу насіння двох зернових культур за фізико-механічними властивостями має сенс побудувати графіки (рис. 4.1 і рис. 4.2).

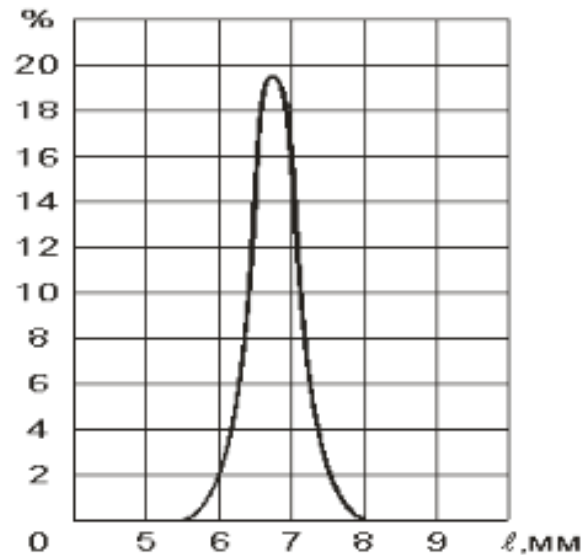


Рис. 4.1. Розподіл насіння пшениці по довжині

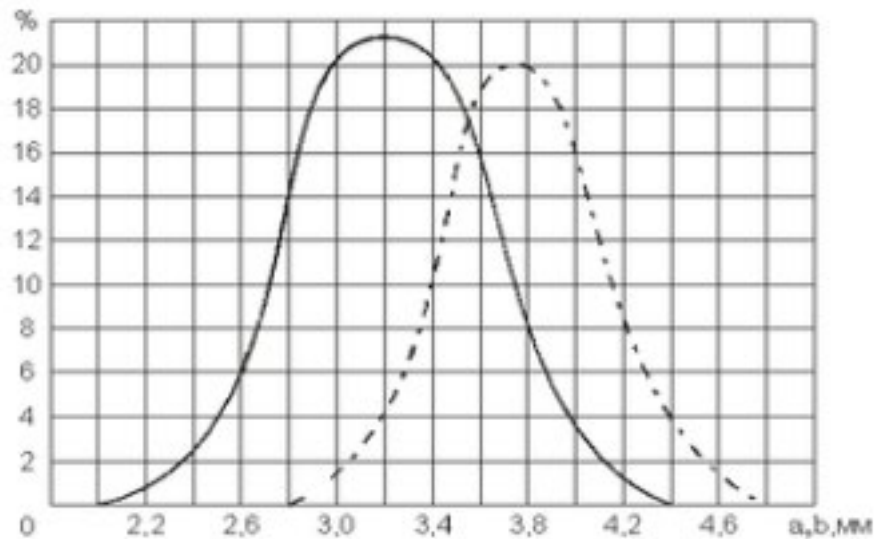


Рис. 4.2. Розподіл насіння пшениці по товщині і ширині

Представлені криві варіацій розподілу параметрів розміру зернини показують, що розміри насіння схильні до незначної мінливості.

#### **4.2 Обґрунтування матеріалу розсіювача і результати знаходження швидкісних коефіцієнтів**

Для обґрунтування вибору матеріалу розсіювача сошника були проведені теоретичні дослідження по знаходженню залежності післяударної

швидкості польоту зернини від модуля пружності матеріалу, скориставшись формулами (2.19-2.28). Результати отриманих розрахунків представлені на рис. (4.3).

Для підтвердження розрахункових даних був проведений однофакторний експеримент залежності післяударної швидкості польоту зернини від модуля пружності матеріалу. Дані експериментів представлені на наступному рисунку (4.3).

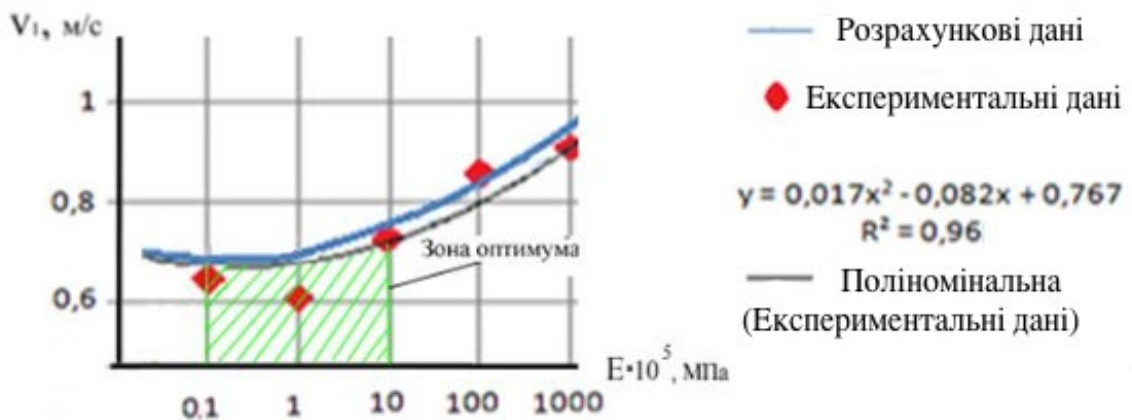


Рис. 4.3 Залежність післяударної швидкості польоту зернини від модуля пружності матеріалу

З графіка видно, що область оптимального значення модуля пружності матеріалу знаходиться в межах від 0,1 до 10 МПа. Достовірність отриманих даних підтверджується коефіцієнтом детермінації ( $R^2 = 0,96$ ).

Для наступних експериментів на основі теоретичних дослідів було обрано два матеріали з модулем пружності відповідно до обраної області та матеріалу прототипу, які представлені в наступній таблиці (4.2).

**Таблиця 4.2**

**Основні параметри досліджуваного матеріалу**

№	Матеріал	b, м.	h, м.	$E \cdot 10^5$ , МПа.	l, м.
1	Алюмінієво-марганцевий сплав ISO 3004	$3 \cdot 10^{-4}$	0,01	0,7	0,1
2	Поліетилентерефталат	$3 \cdot 10^{-4}$	0,01	1,1	0,1
3	Листова сталь ДСТУ EN 10202:2019	$3 \cdot 10^{-4}$	0,01	21	0,1

Для визначення коефіцієнта відновлення після удару  $K_B$  були проведені експерименти з різними видами матеріалу розсіювача і сортів насіння, відповідно вище представленої методики.

Результати середнього значення коефіцієнта відновлення  $K_B$  показані в таблиці (4.3).

Таблиця 4.3

**Значення коефіцієнта відновлення в залежності від зернової культури і матеріалу розсіювача**

№	Матеріал розсіювача	Середнє значення $K_B$
1	Алюмінієво-марганцевий сплав ISO 3004	0,34
2	Поліетилентерeftалат	0,36
3	Листова сталь ДСТУ EN 10202:2019	0,54

З таблиці видно, що найменше значення коефіцієнта відновлення  $K_B$  вийшло при використанні алюмінієво-марганцевого сплаву.

За вищевикладеною методикою були проведені експерименти по визначенню статичної деформації і динамічного переміщення клавiші розсіювача. При проведенні експериментів параметри розсіювача насіння мали середні значення, але однакові для всіх видів матеріалів. Дані експериментів представлені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

**Експериментальні значення коефіцієнтів**

№	$\delta_c$ , м	$\delta_d$ , м	$K_B$	$K\delta_d$	$V_1$ , м/с
1	$3,1 * 10^3$	$16,1 * 10^3$	0,34	0,51	0,65
2	$2,8 * 10^3$	$14,5 * 10^3$	0,36	0,68	0,90
3	$0,1 * 10^3$	$1,2 * 10^3$	0,54	0,83	1,65

Результати розрахункових значень представлені в таблиці (4.5).

## Розрахункові значення основних показників і коефіцієнтів

№	$V_0$ , м/с	$\delta_c$ , м	$\delta_d$ , м	A, Дж	$T_0$ , Дж	$K_{\delta d}$	$V_1$ , м/с
1	3,7	$3,14 \cdot 10^{-3}$	$15,96 \cdot 10^{-3}$	$6,36 \cdot 10^{-5}$	$2,74 \cdot 10^{-4}$	0,5143	0,65
2	3,7	$2,89 \cdot 10^{-3}$	$14,28 \cdot 10^{-3}$	$4,21 \cdot 10^{-5}$	$2,74 \cdot 10^{-4}$	0,674	0,90
3	3,7	$0,14 \cdot 10^{-3}$	$1,16 \cdot 10^{-3}$	$0,81 \cdot 10^{-5}$	$2,74 \cdot 10^{-4}$	0,821	1,65

Дані, отримані в ході експериментів, мають незначні відхилення від розрахункових в межах похибки. Найбільш підходящим матеріалом є алюмінієво-марганцевий сплав 3004, який має модуль пружності  $E = 0,7 \cdot 10$  МПа і забезпечує зниження швидкості до 0,65 м / с. З огляду на це експериментальні розсіювачі насіння були виконані саме з цього сплаву.

Для перевірки взаємодії розсіювача з потоком зерна була проведена високошвидкісна зйомка (рис. 4.4).



Рис. 4.4. Траєкторія руху, отримана шляхом високошвидкісної відеозйомки: а. Траєкторія руху одиначної зернини; б. Траєкторія руху потоку насіння

Високошвидкісна зйомка показала, що рух потоку насіння мало чим відрізняється від руху окремої зернини і може бути описаний з допустимою похибкою тим же рівнянням.



### 4.3. Результати формування смуги висіву насіння

Після того як були проведені теоретичні дослідження і виконані розрахунки для дослідження оптимальних параметрів розподільника при використанні смугового способу висіву, були виготовлені експериментальні зразки. На (рис. 4.5) представлені основні розміри і загальний вид виготовлених розсіювачів модифікованого дводискового сошника для смугового посіву зернових культур.

З таблиці (4.5) видно, що найбільш відповідним матеріалом є алюмінієво марганцевий сплав 3004, який має модуль пружності  $E = 7 * 10^5$  Па. З огляду на це експериментальні розсіювачі для формування смуги висіву насіння були виконані саме з цього сплаву. В наступній таблиці (4.6) представлені основні параметри виготовлених клавішних розсіювачів дискового сошника для смугового способу посіву.

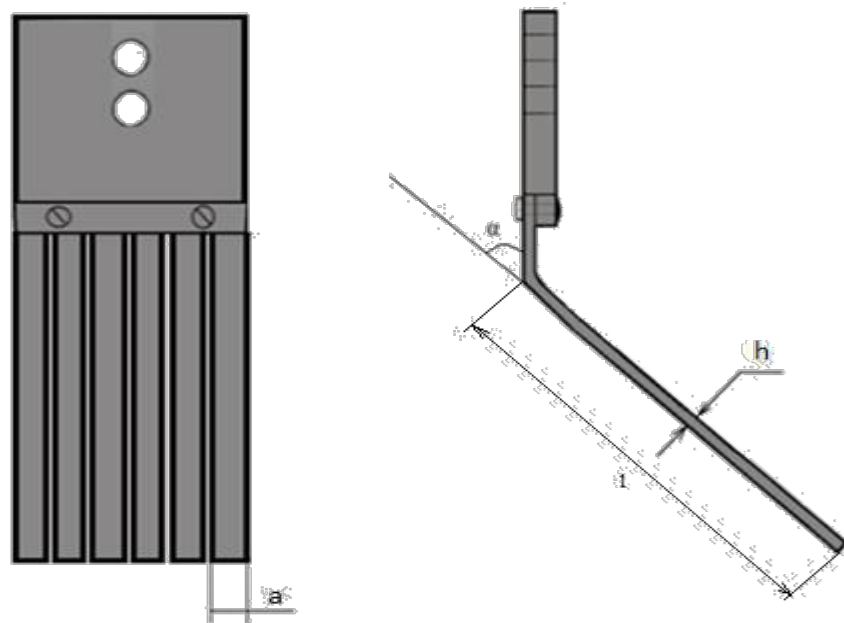


Рис. 4.5. Загальний вигляд і умовні позначення розмірів досліджуваних розсіювачів насіння, де  $l$  - довжина клавіші розсіювача, м;  $a$  - ширина клавіші розсіювача, м;  $h$  - товщина клавіші розсіювача, м;  $\alpha$  - кут нахилу клавіші розсіювача, довільний.

Таблиця 4.6

**Основні показники досліджуваних розсіювачів**

Розсіювач насіння	l, м	a, м	h, м	$\alpha$ , радий
Експериментальний 1	0,07	0,015	$3 * 10^{-4}$	0,8
Експериментальний 2	0,09	0,014	$3 * 10^{-4}$	0,8
Експериментальний 3	0,11	0,017	$3 * 10^{-4}$	0,8
Експериментальний 4	0,07	0,018	$3 * 10^{-4}$	0,8

Після проведення досліджень з експериментальними сошниками на лабораторній установці були отримані результати, які представлені в порівнянні з серійними в таблиці 4.7.

Таблиця 4.7

**Основні показники якості роботи дводискових сошників з нормою висіву насіння пшениці 5 млн шт на га**

Показники	Сошники	
	Серійний	Експериментальний
Швидкість агрегату, м/с.	1,9	
Рівномірність розподілу насіння по площі споживання		
Кількість насіння в осередках (5x5 см), шт:	Кількість насіння в комірках, %	
0	48	11
1	21	66
2	20	15
3	6	5
4	4	3
5	1	0
Кількість насіння з розрахунковою площею споживання (25 см <sup>2</sup> ), %	21	67
Кількість незасіяних комірок, %	52	11

На підставі отриманих даних з таблиці (4.7) побудований графік (Рис. 4.6)

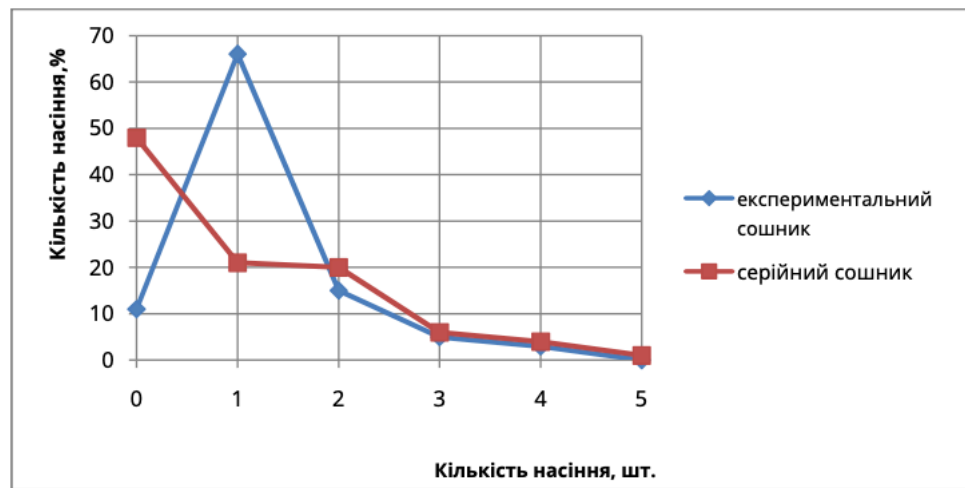


Рис. 4.6. Рівномірний розподіл зернини по площі споживання

З рисунку (4.6) видно, що робочий орган сівалки з встановленими експериментальними розподільниками насіння у більшій мірі задовольняє вимоги рівномірного розподілу насіння по дну борозенки, в порівнянні з серійним сошником.

Лабораторний дослід включав в себе визначення залежності післяударної швидкості польоту ернівки від товщини клавiш розсіювача. Товщина клавiші варіювалась в межах від 0.0002 до 0.0008 м. результати однофакторного експерименту представлені в наступній таблиці (4.8).

Таблиця 4.8

**Результати однофакторного експерименту залежності середньої відстані між насінням від швидкості руху агрегату.**

Швидкість агрегату, м/с	Середня відстань між насінням см			Середнє значення
	Вихід 1	Вихід 2	Вихід 3	
1,9	4,2	3,8	4,	4
2	3,9	4	4,1	4,1
2,1	4,1	3,9	4	4,1
2,2	4,7	4,2	4,4	4,4
2,3	4,5	4,7	4,6	4,5
2,4	5,1	5	5,9	5
2,5	4,9	5,3	5,1	5,1
2,6	5,3	5,5	5,1	5,3
2,7	5,5	5,1	5,3	5,5
2,8	5,4	5,3	5,5	5,4
2,9	5,5	5,5	5,5	5,5

За результатами, представленими вище, побудуємо графік залежності середньої відстані між насінням від швидкості руху агрегату.

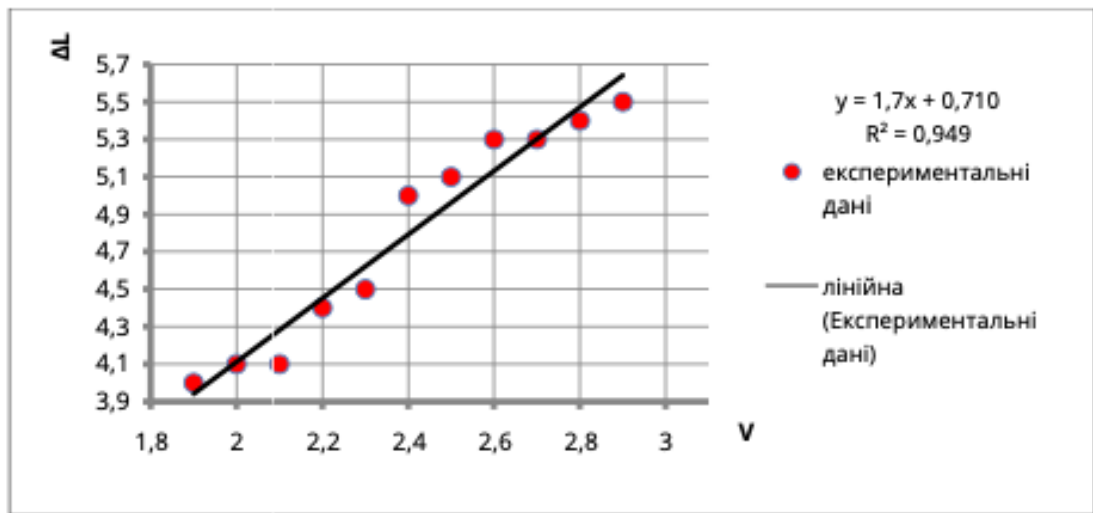


Рис. 4.7. Графік залежно середнього відстані між насінням від швидкості руху сівалки

З графіку (рис. 4.7) видно, що зі збільшенням швидкості руху агрегату зростає і відстань між насінням, проте максимальна швидкість збільшує вібрацію і нерівномірність ходу сошника по глибині загорання.

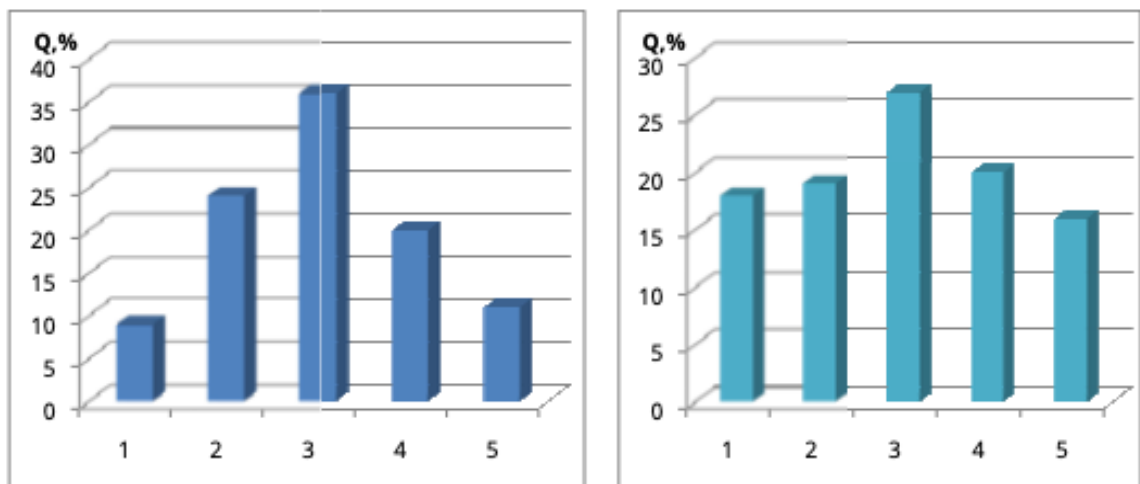


Рис. 4.8. Розподіл насіння по ширині борозенки, де  $Q$  - кількість зернівок в осередках вздовж смуги на одному метрі в відсотковому відношенні від всієї висіяної порції на од дин метр (%). а) Серійний сошник

СЗ-3,6 зі стандартним розсіювачем насіння; б) Експериментальний сошник з клавішним розсіювачем

За наведеними гістограми видно, що більш рівномірний розподіл має експериментальний сошник. Ширину засівати ложа визначили шляхом вимірювання профілеобразователя, вона склала 7,5 сантиметрів.

#### 4.4. Результати теоретичних і експериментальних досліджень траєкторії руху насіння після зіткнення з розсіювачем

Для опису траєкторії руху насіння після зіткнення з розсіювачем в міждисковому просторі сошника були проведені розрахунки по формулі (2.30). Результати розрахунків показані в наступній таблиці (4.9).

**Таблиця 4.9**

#### Результати розрахунків траєкторії руху зернини

№	Дальність відльоту (x), м	Висота підйому (y), м	Відхилення
1	0	0	0
2	0,01	0,004	0,004243
3	0,02	0,007	0,009192
4	0,03	0,0075	0,01591
5	0,04	0,007	0,023335
6	0,05	0,004	0,032527
7	0,06	- 0,001	0,043134
8	0,07	- 0,0095	0,056215
9	0,08	- 0,021	0,071418
10	0,09	- 0,035	0,088388
11	0,1	- 0,051	0,106773
12	0,11	- 0,07	0,127279
13	0,12	- 0,09	0,148492
14	0,13	- 0,11	0,169706

З таблиці (4.9) видно, що максимальна дальність відльоту ( $x_{\max}$ ) склала 0,13 м, що збігається з розрахунковим значенням, виконаним за формулою (2.31). Значення максимального підйому насіння після удару ( $Y_{\max}$ ) склало 0,0075 м і збіглося з розрахованим значенням за формулою (2.32). Відхилення знаходяться в межах похибки.

Провівши експерименти з використанням високошвидкісної камери і виконавши кадрування, була отримана траєкторія руху (рис. 4.3). При аналізі даної траєкторії отримані результати, представлені в таблиці (4.10).

**Таблиця 4.10**

**Результати експерименту з вивчення траєкторії руху зернини**

№	Дальність відльоту (x), м	Висота підйому (y), м	Відхилення
1	0	0	0
2	0,01	0,002	0,005657
3	0,02	0,003	0,012021
4	0,03	0,002	0,019799
5	0,04	0,0005	0,027931
6	0,05	- 0,001	0,036062
7	0,06	- 0,003	0,044548
8	0,07	- 0,01	0,056569
9	0,08	- 0,022	0,072125
10	0,09	- 0,03	0,084853
11	0,1	- 0,045	0,10253
12	0,11	- 0,06	0,120208
13	0,12	- 0,08	0,141421
14	0,13	- 0,105	0,16617

З таблиці (4.10) видно, що максимальна дальність відльоту ( $x_{\max}$ ) склала 0,13 м, що збігається з розрахунковим значенням. Значення максимального підйому насіння після удару ( $Y_{\max}$ ) склало 0,003 м. Відхилення знаходяться в межах похибки.

Для порівняння отриманих розрахункових і експериментальних даних був побудований графік (рис. 4.9).

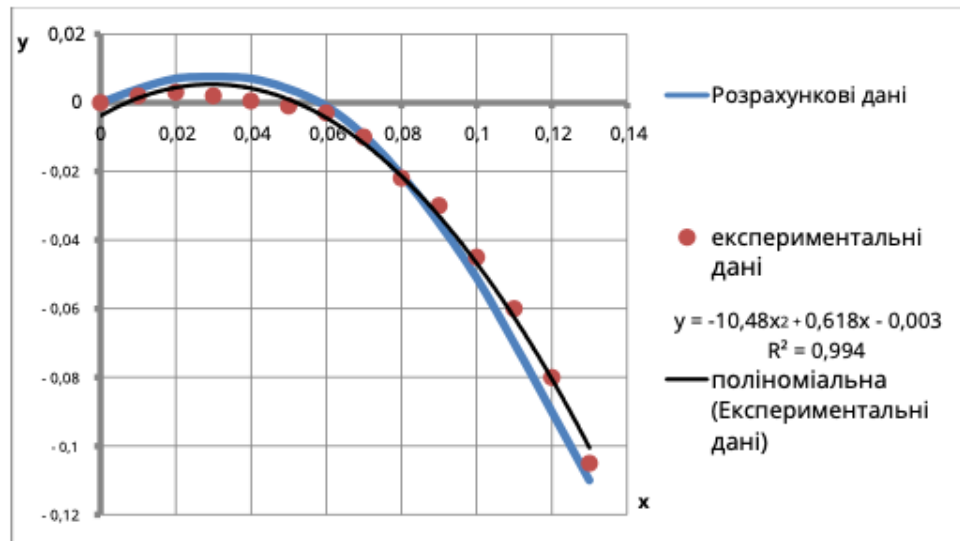


Рис. 4.9. Розрахункові і експериментальні криві траєкторії руху насіння після зіткнення з розсіювачем.

Відхилення експериментальних даних від розрахункових знаходяться в межах похибки і доводять правильність проведених теоретичних досліджень.

Отже, була обґрунтована конструктивна схема дводискового сошника для проведення смугового способу посіву зернових культур.

При обробці експериментів були отримані математичні моделі регресії залежності оптимального розподілу насіння по дну борозенки, а також їх середньоквадратичне відхилення в залежності від варіювання факторів, що впливають на процес висіву насіння.

Найбільш оптимальними значеннями критеріїв оптимізації середньої відстані між насінням  $y_1 = 0,057$  м і їх середньоквадратичного відхилення  $y_2 = 0,003$ . Цьому значенню відповідають наступні значення чинників:  $x_1 = 0,051$  м (висота установки розсіювача над дном борозни,  $h$ ),  $x_2 = 0,09$  м (довжина клавіші розсіювача,  $l$ ) і  $x_3 = 2,294$  м / с (швидкість руху сошника,  $v$ ).

З отриманих результатів, проведених лабораторних дослідів видно, що експериментальний сошник з встановленим на нього клавішним розсіювачем насіння має явну перевагу над серійною сівалкою СЗУ-3,6, оснащеною сошниками з ділильною лійкою.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Проблема створення безпечних і нешкідливих умов праці в Україні існувала завжди, про що свідчить статистика нещасних випадків: ще 10 років тому на виробництві щорічно травмувалося 125 000 працівників, з них гинуло майже 3000. Проте, справжній стан охорони праці та рівень виробничого травматизму на той час замовчувались. З цих причин багато важливих невідкладних наукових і виробничих завдань з питань умов і праці зовсім не вирішувалось. Наслідками такого становища стали:

- відставання від світових досягнень на 15-20 років вітчизняної науки з питань охорони праці;
- зростання в 5-8 разів рівня виробничого травматизму порівняно з такими ж показниками в інших промислово-розвинених країнах;
- перевищення майже в 2 рази в розрахунку на одного працюючого виплат на пільги і компенсації за роботу в шкідливих умовах над витратами на профілактику нещасних випадків і професійних захворювань.

У теперішній час йде реалізація Національної, галузевих та інших програм з охорони праці, розроблених до 2015 року. Фінансування програм здійснювалось із спеціально створених відповідних фондів охорони праці. Зазначені фонди певною мірою стали економічною основою для поліпшення стану безпеки і гігієни праці.

Викликає занепокоєння стан охорони праці та забезпечення соціальних гарантій на підприємствах недержавного сектору економіки, який все збільшується. Тут порушення правил безпеки носять масовий характер, допускається приховання нещасних випадків, свавілля роботодавців в додержанні тривалості робочого часу, відпочинку, ухилення від виплат і компенсацій за заподіяну шкоду від нещасних випадків.

Пріоритети в роботі з охорони праці, як і раніше, спрямовані не на здійснення профілактичних заходів, а на надання різних компенсацій та пільг.



У значній мірі це пов'язано не страховим характером механізму соціального захисту від професійних ризиків, а також із відсутністю організаційного зв'язку між системами охорони праці і соціального страхування. Нові умови господарювання вимагають і нових, ефективніших форм та методів профілактичної роботи. Мається на увазі перехід на обов'язкове соціальне страхування від нещасних випадків і професійних захворювань.

Відповідальність за охорону праці покладається на керівника господарства.

Обов'язки керівника - забезпечити здоров'я і безпечні умови праці, встановлені законодавством.

Досягається це шляхом застосування сучасних засобів безпеки і забезпечення санітарно-гігієнічних умов, що попереджують професійні захворювання.

Посада спеціаліста з охорони праці не передбачена, його обов'язки виконує голова правління господарства.

Основні обов'язки: організація роботи по створенню здорових та безпечних умов праці, попередження травматизму, профзахворювань та пожеж; укладанні колективного договору; участь в роботі комісії по прийому в експлуатацію будівельних та реконструйованих виробничих будівель, а також техніки з ремонту, періодичних технічних оглядах машин та обладнання; контроль за складанням заявок на індивідуальні засоби захисту; організація навчання, перевірки знань працюючих; своєчасне та якісне проведення інструктажів на робочих місцях, медоглядів; обладнання кабінетів та кутків по техніці безпеки; складання звітів по охороні праці по відповідним формам і у встановленні строки.

Головні спеціалісти забезпечують здоров'я і безпечні умови в підрозділах господарства, дотримання правил і норм по охороні праці; приймають участь в розробці і виконанні заходів по покращенню умов і безпеки праці.

В основні обов'язки цієї категорії керівників входять: розробка і

здійснення заходів по охороні праці; розробка інструкцій і комплексних планів по охороні праці; впровадження прогресивної технології; механізація і автоматизація процесів; заборона робіт на ділянках з наявністю погрози здоров'ю працюючих; організацію випробувань, реєстрацію котельних установок, ємностей працюючих під тиском, і вантажопід'ємних машин; оформлення заявок на засоби індивідуального захисту, спецодяг, запобіжні пристосування; складання і затвердження маршрутів пересування техніки з однієї ділянки на іншу; участь в організації і проведення Дня охорони праці; облік і аналіз виробничого травматизму, участь в розслідуванні нещасних випадків.

Охорона праці в сільському господарстві і організація роботи з цього питання має певну специфіку, яка зумовлена тим, що основний засіб виробництва тут - земля. Землеробство пов'язане з кліматичними умовами, сезонністю, більшою завантаженістю працівників у літній період, а також з використанням сільськогосподарської техніки, мінеральних добрив, хімічних засобів захисту рослин тощо; у тваринництві необхідно дотримуватися ветеринарних і зоотехнічних правил, певної поведінки з тваринами.

Вони забезпечують здорові і безпечні умови праці на робочих місцях, дотримання правил і норм по охороні праці, займаються проведенням інструктажу на робочому місці, веденням журналу обліку інструменту, контролюють стан машин і обладнання, блокуючих пристроїв. В їх компетенції входить проведення дня охорони праці.

#### *Стан охорони праці в підприємстві*

Організація робіт з безпеки праці. Не проводяться навчання робітників, службовців.

Несвоєчасно по встановленим формам складаються заявки на засоби індивідуального захисту, не контролюється видача спецодягу, спецвзуття, миючих і знезаражуючих засобів.

При тимчасовій передачі машини іншому механізатору не оформлюють відповідні розпорядження, допускають перехід робітників на інший вид робіт

чи іншу машину без проведення інструктажу по охороні праці.

Забезпечення безпеки будівель та споруд

Огляд території, будівель та споруд показав, що присутні наступні відхилення:

- відсутній блискавкозахист приміщень;

- поточний ремонт будівель і споруд проводиться з порушенням встановлених строків.

Забезпечення безпеки машин і обладнання

Допускаються до експлуатації машини зі знятими захисними кожухами, зовнішніми захисними каркасами, несправними приладами системи контролю, сигналізації, освітлення.

Відсутні інструменти і обладнання спеціального призначення які дозволяють підвищити безпеку і знизити трудомісткість при ремонті техніки та приладдя.

*Аналіз виробничого травматизму і захворюваності*

Аналіз проводимо статистичним методом.

Статистичний метод аналізу виробничого травматизму на підприємствах сільського господарства призначений для визначення кількісних показників, які характеризують загальний рівень виробничого травматизму. (непрацездатності).

Показник частоти травм ( $k_u$ ) характеризує кількість травм, що припадає на 1000 працюючих за певний період:

$$k_u = \frac{1000N}{P} \quad (5.1)$$

де  $N$  - кількість нещасних випадків (захворювань) за аналізований період;

$P$  - облікове число працюючих, чол.;

Показник тяжкості травматизму ( $k_m$ ) характеризує загальну кількість травм, що виникли протягом звітного періоду. Він показує скільки днів втрати непрацездатності в середньому припадає на одну травму:

$$k_m = \frac{D}{N} \quad (5.2)$$

де  $D$  - число днів непрацездатності від нещасних випадків;

Показник втрат ( $k_n$ ) характеризується кількістю днів непрацездатності, що припадає на 1000 працюючих за звітний період.

$$k_n = k_v \cdot k_m \quad (5.3)$$

Таблиця 5.1.

### Показники виробничого травматизму

Показники	2019	2020	2021	2022	2023
Облікове число працюючих, чол.	22	18	19	16	16
Кількість нещасних випадків, шт.	2	1	-	3	2
Число днів непрацездатності, днів.	38	27	-	41	52
Коефіцієнт частоти, н.вип./1000 чол.	90	55,56	-	187,5	125
Коефіцієнт тяжкості, днів/н.вип.	19	27	-	13,67	26
Коефіцієнт небезпеки, днів/1000 чол.	1710	1500,1	-	2563,1	3250

Таблиця 5.2.

### Показники захворюваності

Показники	2019	2020	2021	2022	2023
Облікове число працюючих, чол.	22	18	19	16	16
Кількість захворювань, шт.	7	9	10	14	11
Число днів непрацездатності, днів.	26	38	32	21	25
Коефіцієнт частоти, н. вип./1000 чол.	318,18	500	526,31	875	687,5
Коефіцієнт тяжкості, днів/ н. вип.	3,71	4,22	3,2	1,5	2,27
Коефіцієнт небезпеки, днів/1000 чол.	1180,4	2110	1684,2	1312,5	1560,6

З табл. 5.1., 5.2. видно, що положення із травматизмом і захворюваністю незадовільне. Хоча вага травматизму й захворюваності знижується, однак, їхня тяжкість, небезпека й втрати зростають, особливо по захворюваннях.

Причинами нещасних випадків є порушення правил ТБ, це: відсутність надійної фіксації піднятої сільськогосподарської машини, проведення обслуговуючих операцій на працюючому агрегаті, робота несправним

інструментом, порушення форми одягу.

Основними видами захворювань є простудні захворювання, найбільша кількість яких відзначається в осінньо-зимовий період. Причинами, що викликають простудні захворювання, є: підвищена рухливість повітря на робочих місцях, нестача теплового спецодягу, ремонтні роботи проводяться на відкритому повітрі поза приміщеннями.

#### *Заходи з покращення охорони праці*

З метою поліпшення стану охорони праці пропонуємо такі заходи:

#### Організаційні:

- організувати і провести паспортизацію санітарно-технічного стану відділів, виробничих ділянок на покращення умов охорони праці, санітарно-оздоровчих заходів;

- організувати навчання спеціалістів середньої ланки, робітників з послідуною перевіркою знань;

- організувати і провести день охорони праці.

#### Технічні:

- встановити запобіжні і захисні прилади з метою забезпечення безпеки праці;

- приведення рівнів шуму, вібрацій та інших шкідливих факторів на робочих місцях у відповідності до вимог.

#### Санітарно - гігієнічні

- розширення, реконструкція і оснащення санітарно побутових приміщень у відповідності з вимогами.

#### Психофізичні

- перевіряти працюючих на наявність алкогольного та наркотичного сп'яніння.

#### Пожежної безпеки

- провести навчання всіх робітників господарства поводженню із засобами пожежогасіння;

- укомплектувати приміщення господарства первинними засобами

пожежогасіння, які повинні утримуватись у справному стані і постійно готові до дії.

У сільськогосподарському виробництві застосовується комплекс різних машин та знарядь. Специфічною особливістю їх використання на відміну від промисловості є те, що вони працюють у полі і на багатьох з них робочі органи не захищені від стороннього втручання. Тому при експлуатації агрегатів у сільському господарстві безпека праці має особливе значення.

Чітке виконання приведених нижче вимог безпеки праці обов'язкове для всіх мобільних енергетичних засобів.

До керування агрегатом допускаються тільки механізатори, що пройшли спеціальне навчання і не молодше 18 років.

Дотримуватися особливої обережності при переведенні машини в транспортне або робоче положення.

Дотримуватися обережності при з'єднанні з трактором.

Сигнал про включення машини подається тільки старшим по агрегату - механізатором після попередження всіх працюючих на машині.

У разі потреби негайної зупинки машини сигнал подається кожним працюючим на агрегаті.

Під час роботи не дозволяється знаходитися попереду трактора, попереду струшувачів і біля вібраційних елементів.

Забороняється при роботі і транспортуванні машини на ходу сідати в трактор або сходити з трактора. Забороняється знаходитися поблизу карданного валу при його обертанні.

Механізатор повинен стежити за тим, щоб не було самовимкнення ВВП як на ходу трактора, так і на місці, не робити крутих поворотів агрегату.

Забороняється змащувати і очищати робочі органи під час роботи в саду а також при тимчасовій зупинці.

Очищення плодозбиральної машини виконувати при повній зупинці роботи агрегату, при заглушеному двигуні трактора.

Під час проведення робіт по технічному обслуговуванню і ремонту

плодозбиральної машини трактор повинен бути заглушений або відчеплений.

При підтягуванні муфт, які пробуксовують, не стояти проти кінця валу а стояти збоку.

Забороняється працювати без запобіжних кожухів і огорож карданних, зубчатих і ланцюгових передач.

Одяг у тракториста і обслуговуючого персоналу не повинен мати довгих звисаючих частин і кінців. При роботі рекомендується перев'язувати кінці рукавів, працювати тільки в застебнутому, ретельно заправленому одязі і в головному уборі.

При роботі в суху вітряну погоду обслуговуючий персонал повинен носити пилозахисні окуляри. В період сильної запиленості при роботі агрегату користуватися засобами індивідуального захисту від пилу.

Під час роботи машини присутність сторонніх осіб на тракторі або в безпосередній близькості від нього забороняється.

При збиранні (розбиранні) плодозбиральної машини дотримуватися особливої обережності при підйомі (опусканні) відкидної частини. Категорично забороняється при підйомі (опусканні) знаходитися під відкидною частиною платформи. Збирання (розбирання) повинно виконуватися не менше ніж 2-ма робітниками.

Забороняється транспортування машини трактором без габаритних знаків і з несправними гальмами.

Переїзди агрегату по дорогах загального користування виконується відповідно до «Правил дорожнього руху».

Забороняється транспортування комбайна в темний час доби і в інших умовах недостатньої видимості.

Це дасть змогу правильно використовувати машину, забезпечити безпеку праці на робочому місці, взагалі зменшити рівень травматизму на підприємстві.

*Висновки до розділу*

Життя настійно вимагає формування і реалізації більш діючої політики

у галузі охорони праці, посилення державного впливу в цій сфері.

Ніхто не сумнівається, що без сильного державного нагляду охорона праці не буде ефективною. У зв'язку з цим значно зростає роль Державного комітету з нагляду за охороною праці, що здійснює комплексне керування охороною праці в державі. В основу його політики мають бути покладені три непорушні істини:

- роботодавець має бути переконаний у необхідності заходів для охорони праці;
- роботодавець повинен знати шляхи здійснення цих заходів;
- жодне підприємство - велике чи мале, приватне чи державне у сфері регулювання питань охорони праці не повинне мати пільг і потурань.

Виходячи з проведеного аналізу і наведених розрахунків з метою поліпшення стану охорони праці пропонуємо такі заходи: організаційні, технічні, санітарно - гігієнічні, психофізичні, пожежної безпеки.

Людина не є слугою економіки, тому ніякими посиленнями на фінансові труднощі неможливо виправдати дії керівника, коли він ставить працівника у свідомо небезпечні умови, допускає його травмування, загибель чи «тиху» смерть від профзахворювань.



## 6. РОЗРАХУНОК ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ

Для розрахунку техніко-економічної ефективності була прийнята методика визначення економічної ефективності використання в сільському господарстві результатів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій, а також рекомендації інших авторів [27, 32].

Визначались наступні основні вартісні натуральні показники, що враховують виробництво і експлуатацію серійної та експериментальної сівалки: економія експлуатаційних витрат, економія витрат праці, річна економія, окупність додаткових витрат, рентабельність вирощування зернових, металоємність процесу та інше.

Розрахунки техніко-економічної ефективності виконувались на основі матеріалів виробничих випробувань, проведених на полях ПП «Ларіни» Солонянського району Дніпропетровської області.

Експериментальна сівалка була виготовлена на базі серійної сівалки. Перевірка ефективності агрегатів виконувалась на ділянках з довжиною гону в середньому 1000 м і загальною площею до 100 гектарів.

Експлуатаційні витрати експериментальної і серійної сівалок визначались порівнянням затрат на виконання сівби зернових. Технологічна оцінка машин приведена в таблиці 6.1.

Розраховані дані продуктивності посівного агрегату, що записані в таблиці 6.2, визначалися за формулою [5, 20, 28, 32, 36]

$$W = 0,1 \cdot V \cdot T \cdot B \cdot \tau, \quad (6.1)$$

де  $W$  - змінна продуктивність, га/зміну;

$V$  - робоча швидкість посівного агрегату, м/с;

$T$  - тривалість часу зміни, год;

$B$  - ширина захвату агрегату, м;

$\tau$  - коефіцієнт використання часу зміни.

Змінна продуктивність експериментального посівного агрегату склала

$$W = 0,1 \cdot 3,6 \cdot 7.1 \cdot 7 \cdot 0,8 = 14.31 \text{ га/зміну.}$$

Таблиця 6.1.

## Техніко-експлуатаційна характеристика посівних агрегатів

Показники	Варіант	
	Базовий	Новий
1. Марка: трактора сівалки	ЮМЗ-6АКМ СЗ-3,6	ЮМЗ-6АКМ СЗ-3,6М
2. Маса: трактора ЮМЗ-10244Н, кг сівалки, кг	3147 1125	3147 1065
3. Ширина захвату посівного агрегату, м	3,6	3,6
4. Робоча швидкість, м/с	5.5	7.1
5. Кількість робітників: трактористів сівальників	1 1	1 1
6. Змінна продуктивність, га/зміну	11.08	14.31
7. Годинна продуктивність, га/год	1.58	2.04
8. Річне завантаження, год: трактора ЮМЗ-10244Н сівалки СЗ-3.6	1800 50	1800 50
9. Річний виробіток посівних агрегатів, га	156,0	234,5

Для серійного посівного агрегату змінна продуктивність визначалась аналогічно.

Розрахунок амортизаційних відрахувань, відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування виконувалось окремо для трактора і зернової сівалки. Амортизаційні відрахування (на реновацію і капітальний ремонт) трактора і сівалки визначалися за формулою [5, 20]

$$A = \frac{Ba}{100A_3}, \quad (6.2)$$

де А - відрахування на амортизацію, грн.;

В - балансова вартість, грн.;

АЗ - річне завантаження, год.

Сума амортизаційних відрахувань по базовому посівному агрегату склала

$$A_6 = \frac{113160 \cdot 17,5}{100 \cdot 1800} + \frac{75000 \cdot 14,2}{100 \cdot 50} = 224 \text{ грн./год.}$$

$$A'_6 = 224 : 3,12 = 77,79 \text{ грн./га}$$

Вихідні данні для розрахунку виробничих витрат подані в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3.

Вихідні техніко-економічні данні

Показники	Варіант	
	Базовий	Новий
Балансова вартість, грн.: трактора ЮМЗ-10244Н сівалки СЗ-3,6	113160 75000	113160 75000
Годинна ставка оплати з надбавками і нарахуваннями (середня по зонах), грн. трактористу на сівбі зернових допоміжному працівнику	100,0 85,0	100,0 85,0
Норма амортизаційних відрахувань, %: тракторів сівалок і зчіпок	17,5 14,2	17,5 14,2
Норма відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування, %: тракторів сівалок	8 18	8 18
Витрата палива при сівбі зернових, кг/год	9,1	10,3

Визначення відрахувань на амортизацію по експериментальному посівному агрегату проводилось аналогічно. Результати визначення амортизаційних відрахувань приведені в таблиці 6.4.

Розрахунок відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування трактора і сівалки проводилось за формулою [20, 32]

$$R = \frac{Ba'}{100A_3}, \quad (6.3)$$

де R - відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування, грн.;

a' - норми відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування, %.

Тоді відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування по новому посівному агрегату будуть рівні:

- на годину роботи

$$R_H = \frac{113160 \cdot 8}{100 \cdot 1800} + \frac{75000 \cdot 18}{100 \cdot 50} = 275 \text{ грн./год.};$$

- на 1 га посівів

$$R'_H = 275 : 4,69 = 58.64 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування по базовому посівному агрегаті вираховувалось аналогічно, значення їх представлені в таблиці 6.4.

Прямі виробничі витрати на експлуатацію посівних агрегатів, що змінювались в залежності від застосованої сівалки, визначались за формулою [20, 32]

$$U = Z + A + C_r + x, \quad (6.4)$$

де  $U$  - прямі виробничі витрати з експлуатації агрегатів, грн.;

$Z$  - заробітна плата робочих, які обслуговують агрегат, грн/га;

$A'$  - сума амортизаційних відрахувань (на реновацію і капітальний ремонт), грн/га;

$R'$  - відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$C_r$  - витрати на паливо-мастильні матеріали, грн./га;

$X$  - витрати на зберігання машин, грн./га.

$$x = \frac{0,078}{Wr};$$

$$x_6 = \frac{0,078}{3.12} = 0,025 \text{ грн./га};$$

$$x_H = \frac{0,078}{4,69} = 0,017 \text{ грн./га.}$$

Для серійного кукурудзяного посівного агрегату прямі виробничі витрати з його експлуатації становитимуть

$$U_6 = 8,47 + 77,79 + 91,06 + 20,41 + 0,025 = 197,76 \text{ грн./га.}$$

Розрахунок прямих виробничих витрат експериментальної кукурудзяної сівалки посівного агрегату виконується аналогічно. Результати розрахунків поміщені в таблиці 6.4.

Питомі капіталовкладення відповідно при використанні серійної і експериментальної сівалок визначались по балансовій вартості придбання машин (відповідно існуючих каталогів на нову техніку та річним звітам господарства).

Питомі капіталовкладення визначались за формулою [20, 32].

$$K = \frac{\Sigma K}{A_3}, \quad (6.5)$$

де K - питомі капітальні вкладення, грн.;

$\Sigma K$  - загальна сума капітальних вкладень, грн.

При використанні серійної зернової сівалки питомі капітальні вкладення на один гектар посівів базовим агрегатом склали

$$K_6 = \left( \frac{113160}{1800} + \frac{75000}{50} \right) \cdot \frac{1}{3,12} = 500.12 \text{ грн./га.}$$

Аналогічно визначались питомі капітальні вкладення на гектар посівів зернових експериментальним посівним агрегатом (табл. 6.4).

Таблиця 6.4.

Визначення питомих виробничих витрат і капітальних вкладень,  
грн./га

Показники	Варіант	
	Базовий	Новий
Амортизаційні відрахування	77,79	47,76
Відрахування на поточний ремонт і ТО	91,06	58,64
Заробітна плата:		
- трактористів	4,58	3,05
- сівальників	3,89	2,59
Вартість палива	20,41	15,47
Витрати на зберігання машини	0,025	0,017
Прямі виробничі витрати з експлуатації посівних агрегатів, всього	197,76	127,53
Питомі капітальні вкладення	500,12	328,20

Річний госпрозрахунковий економічний ефект визначався виходячи з економії прямих виробничих витрат

$$E_x = (U_b - U_n) \cdot A_n, \quad (6.6)$$

де  $E_x$  - річний госпрозрахунковий економічний ефект, грн.;

$U_b$  - прямі виробничі витрати з експлуатації базового посівного агрегатів, грн./га;

$U_n$  - прямі виробничі витрати з експлуатації експериментального посівного агрегатів, грн./га;

$A_n$  - річний виробіток експериментального посівного агрегату, га.

Госпрозрахунковий річний економічний ефект склав

$$E_x = (197,76 - 127,53) \cdot 234,5 = 16469 \text{ грн.}$$

Річний народногосподарський економічний ефект в сфері експлуатації, тобто від впровадження сівалки, обладнаної експериментальним висівним апаратом для висіву насіння зернових, в сільськогосподарське виробництво, вираховується за формулою

$$E_n = [(U_b + \epsilon_n \cdot K_b) - (U_n + \epsilon_n \cdot K_n)] \cdot A_n, \quad (6.7)$$

де  $E_n$  - річний народногосподарський економічний ефект, грн.;

$\epsilon_n$  - нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, рівний 0,15.

Кількісне значення символів поміщене в таблиці 5.4.

Підставляємо значення у формулу (5.7) і отримуємо

$$E_n = [(197,76 + 0,15 \cdot 500,12) - (127,53 + 0,15 \cdot 328,20)] \cdot 234,5 = 22516,2 \text{ грн.}$$

Затрати праці на одиницю виконуваної роботи вираховувались за формулою [20, 32]

$$Z_t = \frac{L}{W_e}, \quad (6.8)$$

де  $Z_t$  - затрати праці, год./га;

$L$  - кількість людей, які обслуговують агрегат, чол.;

$W_e$  - виробіток за час експлуатаційної години, га.

Затрати праці на одиницю виконуваної роботи базовим посівним агрегатом склали

$$Z_T = \frac{2}{3,12} = 0,64 \text{ год./га}$$

Аналогічно вираховувались затрати праці нового експериментального посівного агрегату.

$$Z_T = \frac{2}{4,69} = 0,43 \text{ год./га.}$$

Результати розрахунків приведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5.

Техніко-економічна ефективність проекту

Показники	Варіанти	
	Базовий	Експериментальний
Затрати праці, год./га	0,64	0,43
Енергоємність процесу сівби, кВт-год/га	14,14	9,41
Металоємність процесу, кг/га.	7,77	5,18
Рівень рентабельності вирощування зернових (пшениця озима), %	-	117
Річний економічний ефект від використання однієї експериментальної сівалки СЗ-3,6М, грн	-	2256,2

Енергоємність визначалась за формулою [20, 32]

$$E = \frac{N_{ен}}{W_T}, \quad (6.9)$$

де E - енергоємність процесу посіву, кВт-год./га;

$N_{ен}$  - номінальна потужність трактора, кВт;

$W_T$  - годинна продуктивність трактора, га/год.

Енергоємність процесу сівби базовим посівним агрегатом складала

$$E = \frac{44,13}{3,12} = 14,14 \text{ кВт-год./га}$$

Визначення енергоємності сівби новим експериментальним посівним агрегатом проводилось аналогічно, результати записані в таблиці 6.5.

Визначення металоємності проводилось за формулою [20, 32]

$$M = \frac{G_M + \frac{G_T \cdot A'_z}{A_z}}{A_H}, \quad (6.10)$$

де  $G_M$  - маса агрегатованої машини, кг;

$G_T$  - маса трактора, кг;

$A'_z$  - завантаження трактора на сівбі пшениці озимої, год;

$A_z$  - річне завантаження трактора, год;

$A_H$  - річний виробіток посівних агрегатів, га.

Металоємність процесу сівби:

- базовим посівним агрегатом

$$M = \frac{1125 + \frac{3147 \cdot 50}{1800}}{156.0} = 7.77 \text{ кг/га.},$$

- експериментальним посівним агрегатом

$$M = \frac{1125 + \frac{3147 \cdot 50}{1800}}{234.0} = 5.18 \text{ кг/га.}$$

Результати розрахунків представлені в таблиці 6.5.

Рівень рентабельності вирощування пшениці озимої в новому варіанті визначався як співвідношення прибутку  $\Pi$  до повної собівартості  $C$  [20, 32]

$$Y_H = \frac{\Pi \cdot 100}{C}, \quad (6.11)$$

$$Y_H = \frac{1131 \cdot 100}{970} = 117\%.$$

Цей показник порівнювався з рівнем рентабельності у базовому варіанті, який визначався таким же способом. Значення рівня рентабельності записані в таблиці 6.5.

Як видно з таблиці, затрати на виготовлення експериментального швидкісного висівного апарата не перевищують затрат на виготовлення серійного висівного апарата. Але варто відмітити, що під час сівби пшениці озимої удосконаленою сівалкою, зменшуються затрати на вирощування



зернових і підвищується урожайність. Додатковий чистий дохід, отриманий при цьому, дає значний економічний ефект.

За всіма основними показниками експериментальна сівалка більш економічно ефективна, ніж серійна сівалка СЗ-3,6. При використанні експериментальної сівалки забезпечується зниження експлуатаційних затрат на гектар посівів на 35,51 %, затрат праці на 32,81 %. Річний сільськогосподарський економічний ефект від використання одної експериментальної сівалки СЗ-3,6М рівний 22516,2 грн. в порівнянні з використанням серійної сівалки СЗ-3,6.

## ВИСНОВКИ

Виявлено, що основною вимогою до посіву є рівномірний розподіл насіння по площі посіву. Використання існуючих зернових сівалок з вузькорядними дисковими сошниками призводить до надмірного загущення насіння вздовж рядка при поганому використанні міжрядь. В результаті цього в напрямку рядка насіння неминуче виявляться стисненими в більшій мірі, ніж з боку міжрядь, що негативно впливає на виростання насіння.

Обґрунтовано вибір матеріалу клавішного розсіювача насіння. Застосування набору клавіш виконаних з алюмінієво-марганцевого сплаву 3004 призводить до зниження післяударної швидкості зернини до 76,53% в порівнянні з існуючим цільнометалевим розсіювачем.

Розроблено математичну модель руху зернини після удару з розсіювачем, що дозволяє визначати кінцеву швидкість насіння з урахуванням властивостей матеріалу і параметрів робочого органу сошника. Теоретично і експериментально встановлено оптимальне значення клавіші розсіювача насіння дискового сошника: кута нахилу ( $\alpha = 0,8$  радий.), Довжина ( $l = 0,1$  м.), ширина ( $a = 0,01$  м.), товщина ( $h = 3 \cdot 10^{-4}$  м.)

Розроблено математичну модель впливу параметрів розсіювача насіння, що забезпечують оптимальне розміщення по площі живлення і виявлення закономірностей взаємозв'язків від комбінації параметрів для опису області оптимуму, що дозволяють забезпечити найбільш повне задоволення агротехнічних вимог.

Розроблено та запропоновано для впровадження заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

При використанні експериментальної сівалки забезпечується зниження експлуатаційних затрат на гектар посівів на 35,51 %, затрат праці на 32,81 %. Річний сільськогосподарський економічний ефект від використання одної експериментальної сівалки СЗ-3,6М рівний 22516,2 грн. в порівнянні з використанням серійної сівалки СЗ-3,6.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Солоня О.В., Ковбаса В.П. Статика та динаміка взаємодії абсолютно твердих конкрецій із сипучим середовищем. Вібрації в техніці та технологіях. 2019. №1 (92). С. 12–22.
2. Веселовська Н.Р., Зелінська О.В., Іванчук Я.В. Загальні принципи побудови і дослідження детермінованих моделей вібраційних та віброударних машин з гідроімпульсним приводом. Вібрації в техніці та технологіях. 2018. №4(91). С.21- 28.
3. Гунько І. В., Дячинська О. М., Присяжнюк О. І. Імітаційне моделювання селекційного процесу цукрових буряків. Техніка, енергетика, транспорт АПК. ВНАУ. 2018. №2. С. 109–116.
4. Ковбаса В.П., Солоня О.В., Спирін А.В., Цуркан О.В. Про спрощення критерію вигляду напружено-деформованого стану суцільного середовища. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2018. №1(100) Том 1, С. 44-49.
5. Кондратюк Д.Г Шляхи збільшення продуктивності посівних агрегатів. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2018.
6. Купчук І.М. Перспективи розвитку конструктивних схем вібраційних приводів транспортних і технологічних машин АПК. Вібрації в техніці та технологіях. 2018. №3 (90). С. 44-52
7. Мазур В. А. Гунько І. В. Бабин І. А. Дослідження технологічного процесу внесення рідких добрив у ґрунт. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2018. № 2 (101). С. 5-14.
8. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку / [Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М., Гапоненко В.С.]. - Київ, 2005. - 455с;
9. Сивак Р.І., Деревенько І.А. Короткий курс теоретичної механіки. Вінниця: ТОВ «Вінницька міська друкарня», 2016. – 200 с.
10. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є., Любін М.В. Пасові передачі. Теорія, розрахунки, конструювання: Навчальний посібник / За ред...В.С. Павленка. – К.: «Хай-Тек Прес», 2011. – 140 с.

11. Омелянов О.М. Особливості використання механічних коливань в технологічних процесах. Вібрації в техніці та технологіях. Вінниця, 2017. №4(87) с. 129-134.
12. Солоня О.В. «Статика взаємодії абсолютно твердих тіл із сипучим середовищем. Вібрації в техніці та технологіях. 2018. №3 (90). С. 105-116.
13. Калетнік Г.М. Енергоощадні технології кормів – основа конкурентоздатності тваринництва: Монографія / Г.М. Калетнік, М.Ф. Кулик, Я.Т. Глушко та інші – Вінниця: Теза. 2016. – 340 с.
14. Калетнік Г.М., Цуркан О.В. Статичні умови сипкого середовища. Вібрації в техніці та технологіях. 2019. № 4(95). С. 5-15.
15. Солоня О. В., Купчук І.М. Теорія механізмів і машин. Курсове проектування. Навчальний посібник. 2-ге вид., допов. і перероб. Вінниця: ВНАУ, 2019. 249 с.
16. Солоня О.В., Купчук І.М. Практикум з теорії механізмів і машин: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ, ТОВ «Друк», 2020. 252 с.
17. Солоня О.В., Ковбаса В.П.. Обґрунтування параметрів робочих органів для укладання внутрішньогрунтових зрошувачів: Монографія. Вінниця, 2020 – 155 с.
18. Solona O., Kovbasa V., Kupchuk I. The contact interaction dynamics of the working tool of the mole plowshare with the soil during forming process a channel for an antifiltration screen. Vibrations in engineering and technology. 2020. №2(97). С. 81–89.
19. Аграрна політика та земельні відносини: підручник / Г. М. Калетнік, І. В. Гончарук, Т. В. Ємчик, С. М. Лутковська – Вінн. нац. аграр. ун-т. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 307 с.
20. Войтюк, Д.Г. Сільськогосподарські машини / Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. та ін. – Київ: Каравела, 2004. – 580с.
21. Гевко Б. М. Технологічні основи проектування та виготовлення посівних машин : [монографія] / Б. М. Гевко, О. Л. Ляшук, Ю. Ф. Павельчук, В.

М. Пришляк, І. І. Чвартацький, М. Л. Заяць, Р. І. Лотоцький. – Тернопіль : Вид. ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. – 238 с.

22. Булгаков В.М. Вдосконалення конструкції комбінованого дводисковоанкерного сошника. Вісник аграрної науки. 2016. № 4. С. 57-64.

23. Васильченко В., Ткаченко О., Воронцова Н. Сошники зернових сівалок: особливості будови та типорозміри. Агроном. 2010. № 4. – С. 140-146.

24. Калетнік Г.М., Чаусов М.Г., Швайко В.М., Пришляк В.М. Основи інженерних методів розрахунків на міцність і жорсткість. Підручник. Київ.:«Хай-Тек-Прес», 2013. 528 с.

25. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навч. посібник. – К.: НМК ВО, 1992. – 320 с.

26. Пришляк В.М. Ґрунтово-регіональні особливості сівби та розробка стенду сівалки Міжн. наук. журн. Випуск 28. 2018. С.183 – 190.

27. Прикладна механіка / [Булгаков В.М, Адамчук В.В., Черниш О.М., Березовий М.Г., Калетнік Г.М., Яременко В.В. – К.: Центр учбової літератури, 2020.– 906 с.

28. Деревенько І.А., Котов Б.І., Степаненко С.П., Попадюк І.М. Теоретичні аспекти сепарації зернових матеріалів на ступінчасто-конічному решеті вібровідцентрових машин. Вібрації в техніці та технологіях. 2016. №3(83) С. 175-180.

29. Kaletnik H., Adamchuk V., Bulgakov V., Kyurchev V., Nadykto V. Main problems in the field of agricultural mechanization in Ukraine Техніка, енергетика, транспорт АПК. №3 (95) 2016. С.6-12

30. Заїка П.М., Бакум М.В., Кириченко Р.В. Результати польових випробувань вібраційно-дискового висівного апарату на сівбі дрібнонасінневих сільськогосподарських культур. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. 2019. Вип. 39. С. 48–53.

31. Пришляк В.М. Обґрунтування напрямків наукових досліджень підвищення якісних показників сівби біоенергетичних культур на схилових

землях малої крутизни. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів». Суми: СНАУ, 2016. Вип. 10/3 (31). С. 148-152.

32. Адамчук В.В., Онищенко В.Б., Ратушний В.В. Обґрунтування параметрів сошника машини для підживлення посівів озимих культур. Механізація та електрифікація сільського господарства: між від. темат. наук. зб. 2020. Вип. 73. С. 29–31.

33. Солоня О.В., Ковбаса В.П., Мельник О.С. Динаміка контактної взаємодії леміша кротувача з ґрунтом при утворенні порожнини. Вібрації в техніці та технологіях. 2020. №1(96). С. 44–52.

34. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Горобей В.П. Актуальні аспекти розвитку механізації дослідних робіт в рослинництві. Вісник аграрної науки. 2018. № 10. С. 5–12.

35. Труханська О.О. Підвищення якісних показників процесу сівби просапних культур Вібрації в техніці та технологіях. 2021. №2(101). С. 124–134.

36. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Венедіктов О. М. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: Навч. посібник. Вінниця: ФОП Данилюк, 2019. 432 с.

37. Булгаков В.М., Адамчук В.В. Стан та перспективи створення в Україні сучасних сільськогосподарських машин. Наук. вісник Луганського нац. аграр. ун-ту. 2019. № 29. С. 252–260.

38. Мазур В.А., Гончарук І.В., Дідур І.М., Панцирева Г.В., Телекало Н.В., Купчук І.М. Інноваційні аспекти технологій вирощування, зберігання і переробки зернобобових культур. Вінниця : Нілан-ЛТД. 180 с.

39. ДСТУ 4397:2005. Сільськогосподарська техніка. Методи економічного оцінювання техніки на етапі випробовування. К.: Держспоживстандарт, 2015. 16с.

40. Каленська С.М., Єрмакова Л.М., Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Поліщук М.П. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: Підручник. Вінниця: ФОП Рогальська І.О. 2015. 448 с.

41. Твердохліб І.В., Борисюк Д.В., Захарчук С.А., Петрович Є.В. Перспективи розвитку машин для обробітку ґрунту. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2015. №2 (90) С. 5-9.
42. Aliev E.B., Vandura V.M., Pryshliak V.M., Yaropud V.M., Trukhanska O.O. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. INMATEH - Agricultural Engineering. 2018. Vol. 54, No1. P.95-104.
43. Войтюк Д. Г., Булгаков В. М., Кропивко С. В., Онищенко В. Б. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підруч. для студ. вузів. Київ : Друк, 2015. 464 с.
44. Основні вимоги до обробітку ґрунту та сівби. Журнал «Агробізнес Сьогодні». 2020. №10 [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/14498-osnovni-vymohydo-obrobitku-gruntu-ta-sivby.html>.
45. ДСТУ 46.012-2000. Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки техніки. [Чинний від 2011.02.01]. К. : Мінагрополітики України, 2020. – III, 18 с. – (Галузевий стандарт України).
46. Aliev Elchin, Pryshliak Viktor, Yaropud Vitaly Research of physical and mechanical properties of oil seed crops. MOTROL: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2017. Vol. 19., № 3. P. 103-108.
47. Зернові сівалки ПАТ «Elvorti». URL: <http://www.elvorti.com/index.php?part=production& lang=ru#tab3> (дата звернення 25.09.2021).
48. Basch G. Green Carbon: Making sustainable agriculture real. European Conservation Agriculture Federation (ECAAF). 2014. Brussels, Belgium. P. 8–14.
49. McKenzi R. B. A Nuffield Farming Scholarships Trust Report «Success with No-till - under any conditions», Nuffield, 2015.1 – 71.
50. Шевелєв В.М. Дослідження процесу коткування ґрунту при посіві сільськогосподарський культур. Дис. канд. техн. наук. Киев, 2018. 162 с.

ДОДАТКИ



**Міністерство освіти і науки України**  
**Дніпровський державний аграрно-економічний університет**

Інженерно -технологічний факультет

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО -ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДИСКОВОГО СОШНИКА ДЛЯ СМУГОВОЇ СІВБИ  
ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Магістерська кваліфікаційна робота на здобуття  
освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 Агроінженерія

Виконав: студент групи МГАІ -1-22  
Олександр ШУТ

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

Дніпро - 2024

**Актуальність роботи.** При вирощуванні зернових культур посів має особливе значення, оскільки від рівномірного розподілу насіння по площі живлення на заданій глибині залежить поява рівномірних сходів і в підсумку підвищення врожайності. Рівномірний розподіл насіння по площі живлення є одним з найбільш складних завдань при посіві зернових культур. Оптимальне розміщення насіння по площі живлення на заданій глибині посіву можливо тоді, коли насіння розташовані на однаковій відстані один від одного, або форма цієї площі - коло, або, меншою мірою, близький до нього квадрат. Дослідження в області землеробської науки і практики показують, що найкраща площа живлення для одного стебла пшениці - квадрат, зі стороною не менше 4,5 сантиметрів. На одному квадратному метрі повинно знаходитися приблизно 400 рослин.

**Мета дослідження.** Підвищення рівномірності розподілу насіння зернових культур шляхом обґрунтування параметрів розсіювача насіння вузькорядного дискового сошника.

### **Завдання дослідження:**

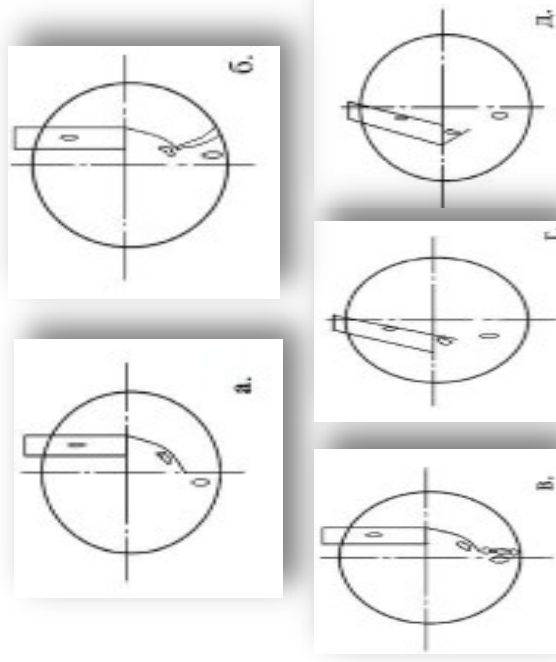
- Обґрунтувати вибір матеріалу розсіювача насіння дводискового сошника.
- Розробити математичну модель руху зернини після зігнення з розсіювачем.
- Обґрунтувати основні параметри розсіювача сошника при смуговому способі посіву зернових культур.

**Об'єкт дослідження.** Процес рівномірного розподілу насіння зернових культур в міждисковому просторі сошника.

**Предмет дослідження.** Закономірності вшиву параметрів клавшного розсіювача сошника на рівномірність розподілу насіння

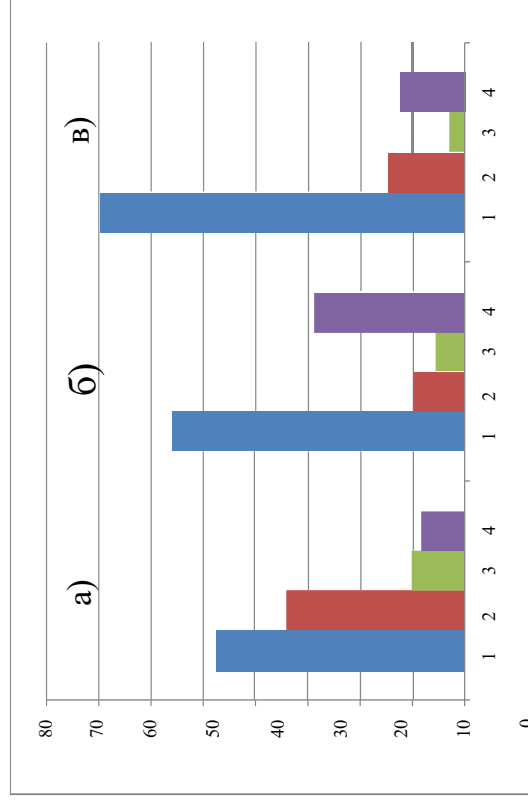
## Основні типи розподільних пристроїв зернових сівалок

Схеми різного розташування розсіювача насіння



а) сошник серійний задній із загнутим вперед розподільником насіння; б) з гнучкими тросовими розподільниками; в) з ланцюговими розподільниками; г) з передньою подачею типу один; д) типу два.

Вплив елементів сошника зернової сівалки на рівномірність закладення насіння на встановлену глибину



а) - швидкість 8 км/год; б) - швидкість 10 км/год; в) - швидкість 12 км/год;

1 - з розсіювачем 2 - випадкові невраховані елементи, 3 - напрямок подачі насіння, 4 - розташування направляючого

# ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДВОДИСКОВОГО СОШНИКА

## Розрахункова схема зернозбиральної машини

Розрахункова схема



Динамічна модель посівного агрегату

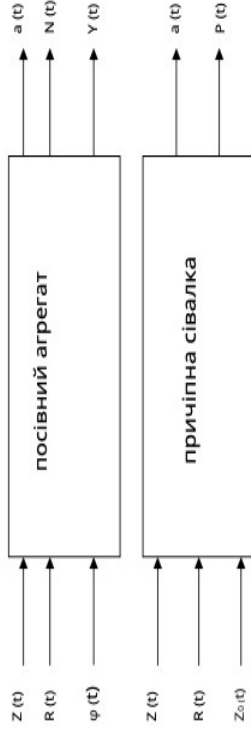
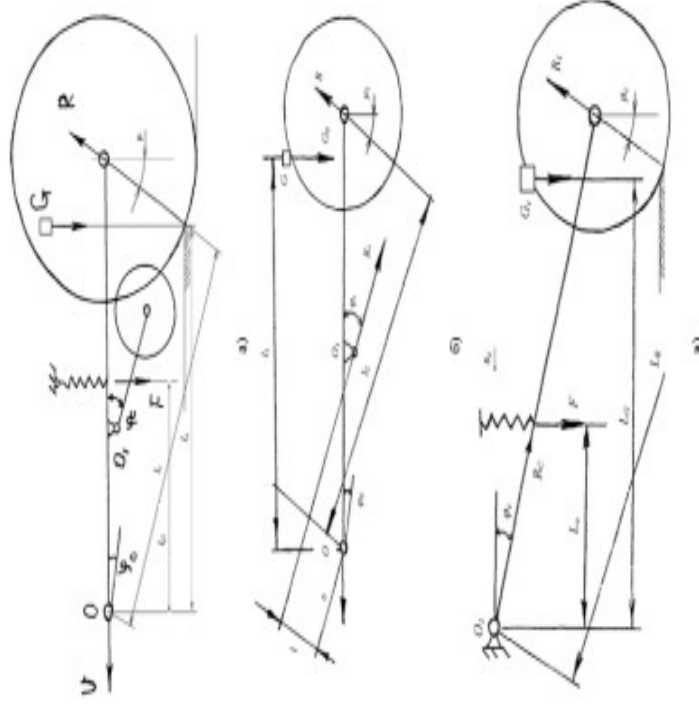


Схема спрощеної динамічної моделі сошника



а) причіп а сівалка; б) основна частина сівалки; в) сошникова група

**Аналіз процесу руху насіння**

Схема сил, що діють на насіння

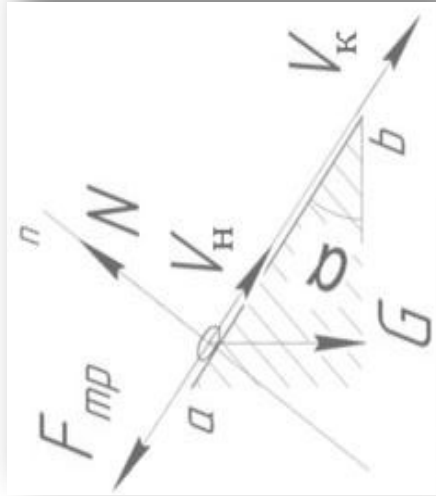
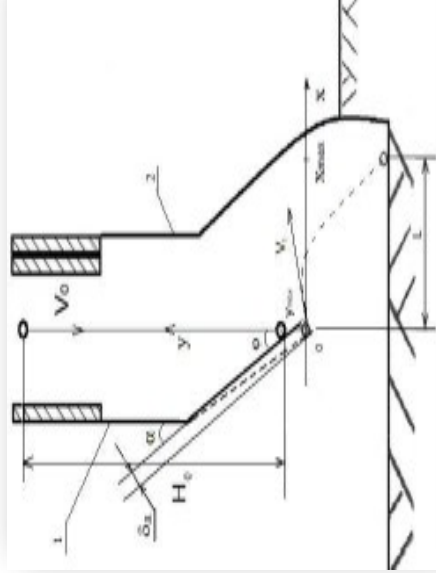


Схема руху насіння в сошнику



$$m\vec{a} = \sum \vec{F}_k$$

$$P(t) = ae - at$$

$$a = 2 \cdot U \cdot \lambda \cdot V$$

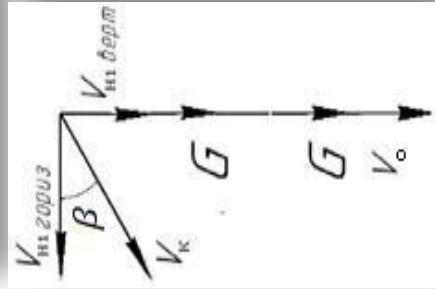


Схема руху зернини при виході з насіннєпроводу

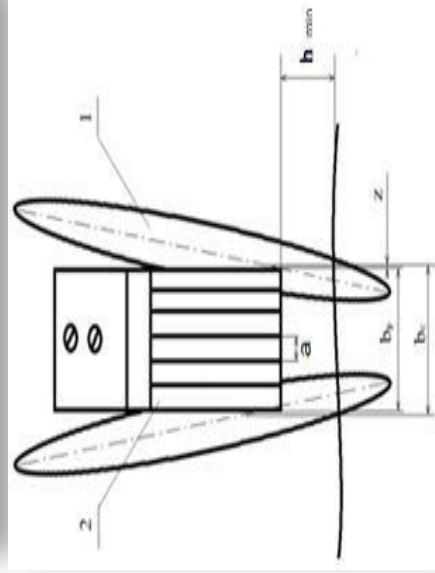
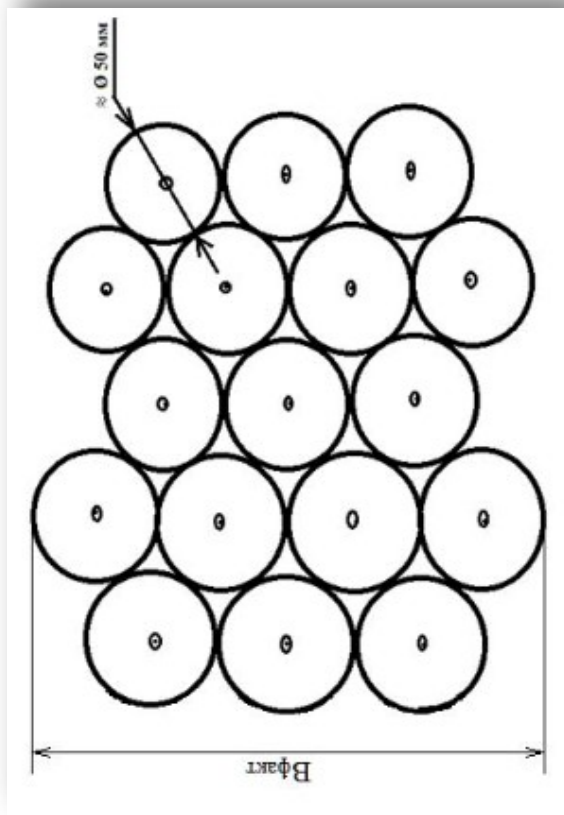


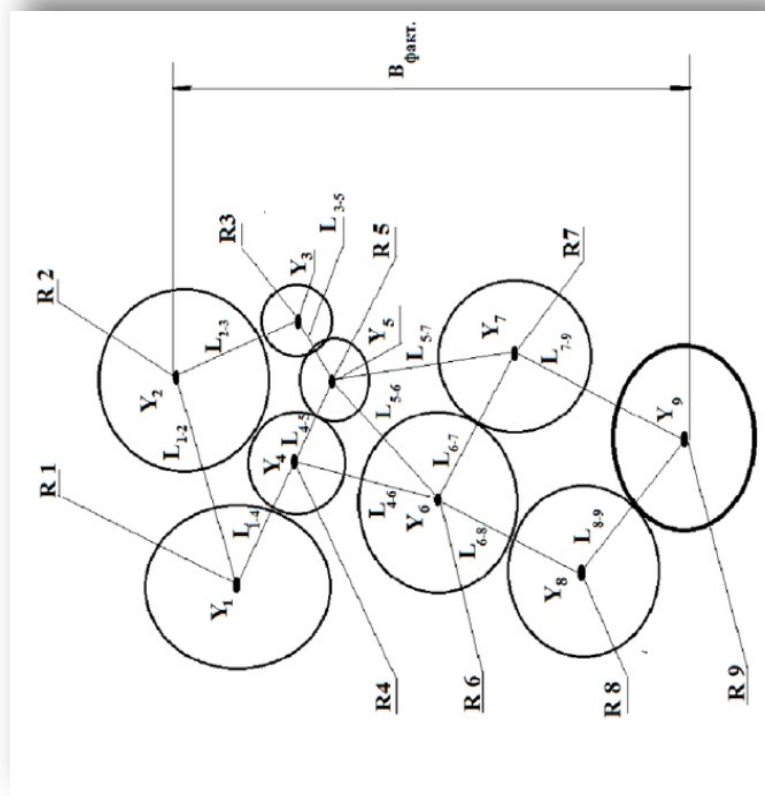
Схема розташування розсіювача міждискового просторі, від ззаду

- 1. – диски сошника
- 2. – розсіювач

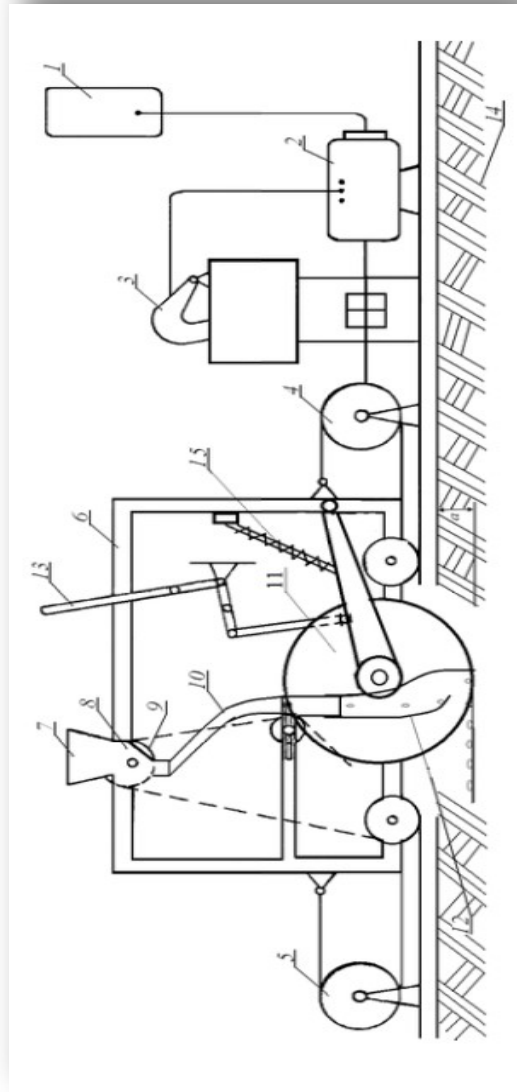
Оптимальний розподіл насіння



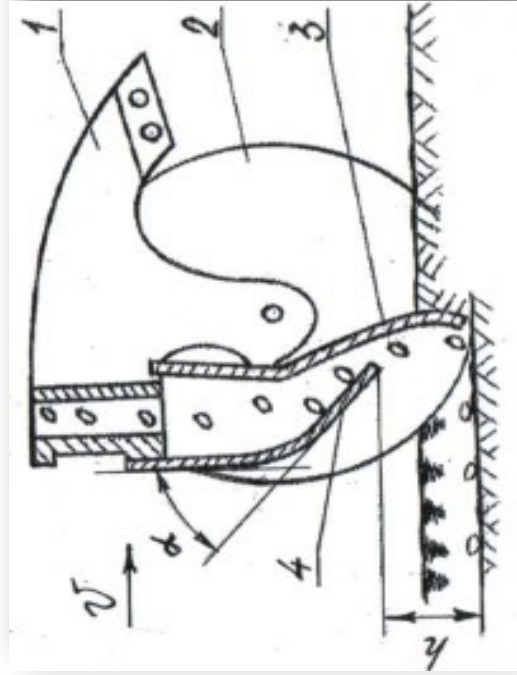
Вимірювання відстані між сусідніми насінинами



**Експериментальний сошник і установка для проведення експериментів**  
*Схема вдосконаленого вододискового сошника*



- 1-розподільний щит; 2 -електродвигун; 3 рідинний реостат;  
 4,5- барабани приводів ; 6-рама візка; 7-бункер для насіння ;  
 8-котушковий висівачий апарат; 9-ланцюгова передача;  
 10-семяпривод; 11 - дисковий сошник; 12 -розсіювач  
 насіння ; 13-підйомне пристосування ; 14-грунтовий канал;  
 15-штанга з пружиною.



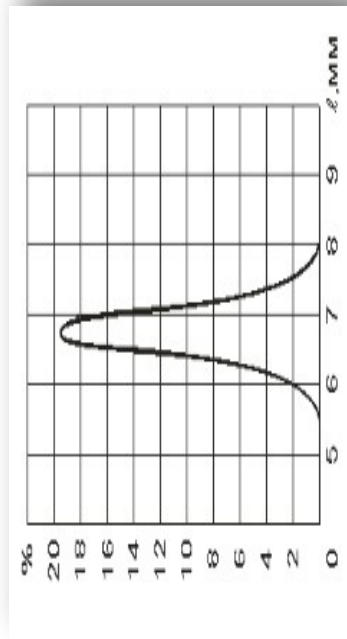
- 1 – корпус ;  
 2 – диск;  
 3 – профілеутворювач ;  
 4 – розподільник.

## Результати вимірювань фізико-механічних параметрів насіння сільськогосподарських культур

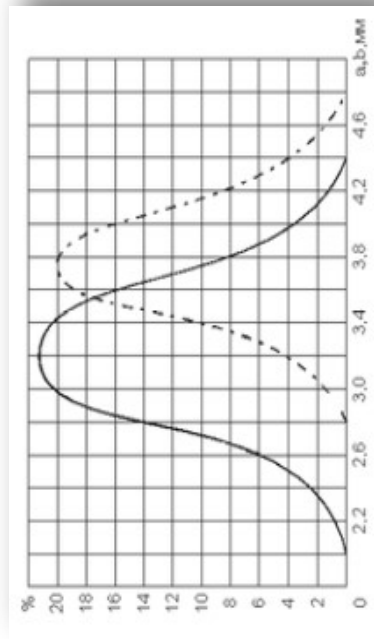
### Фізико-механічні параметри насіння отримані внаслідок досліджень

Показники	Пшениця
Чистота, %	99,2
Сходження, %	95
Маса 1 тис. насіння, г	45,1
Середній розмір насіння, мм	
Довжина	6,7
Ширина	3,6
Висота	3,1
Середньоквадратичне відхилення, мм	
Довжина	0,5
Ширина	0,2
Висота	0,3
Коефіцієнт варіації, %	
Довжина	14,9
Ширина	8,9
Висота	9,1
Еквівалентний діаметр, мм	4,4

### Розподіл насіння пшениці по довжині

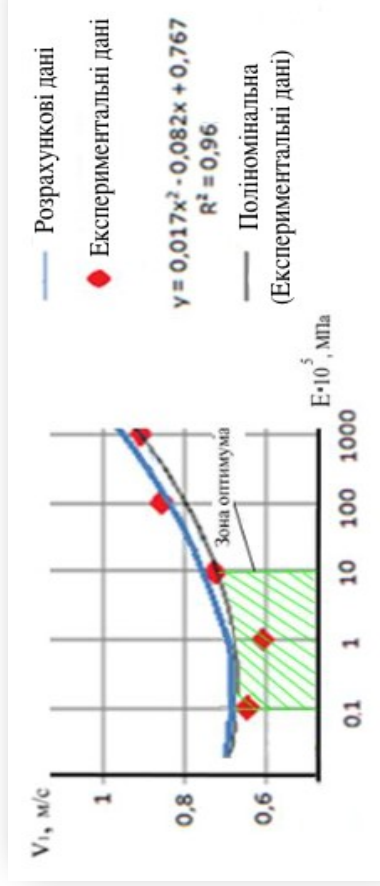


### Розподіл насіння пшениці по глибині ширині





**Обґрунтування матеріалу розсіювача і результати знаходження швидкісних коефіцієнтів**  
**Залежність післяударної виводності польоту зернини від модуля пружності матеріалу**



Основні показники якості роботи дводискових сошників з нормуювальною насіння пшениці 5 млн. шт. на га

Показники	сошники	
	серійний	експериментальний
Швидкість агрегату, м/с.	1,9	
Рівномірність розподілу насіння по площі споживання		
Кількість насіння в осередках (5x5 см), шт:	Кількість насіння в комірках %	
0	48	11
1	21	66
2	20	15
3	6	5
4	4	3
5	1	0
Кількість насіння з розрахунковою площею споживання (25 см <sup>2</sup> ), %	21	67
Кількість незазіяних комірок, %	52	11

**Основні параметри досліджуваного матеріалу**

№	Матеріал	b, м.	h, м.	E·10 <sup>5</sup> , МПа.	l, м.
1	Алюмінієво-марганцевий сплав ISO 3004	3 * 10 <sup>-4</sup>	0,01	0,7	0,1
2	Поліетилентерфталат	3 * 10 <sup>-4</sup>	0,01	1,1	0,1
3	Листова сталь ДСТУ EN 10202:2019	3 * 10 <sup>-4</sup>	0,01	21	0,1

### ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Показники	Варіанти	
	Базовий	Експериментальний
Затрати праці, год./га	0,64	0,43
Енергоємність процесу сівки, кВт-год/га	14,14	9,41
Металоємність процесу, кг/га.	7,77	5,18
Рівень рентабельності вирощування зернових (пшениця озима), %	-	117
Річний економічний ефект від використання одної експериментальної сівалки СЗ-3,6М, грн	-	2256,2

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

- Виявлено, що основною вимогою до посіву є рівномірний розподіл насіння по площі посіву. Використання існуючих зернових сівалок з вузькорядними дисковими сошниками призводить до надмірного загущення насіння вздовж рядка при поганому використанні міжрядь. В результаті цього в напрямку рядка насіння неминуче виявляється стисненими в більшій мірі, ніж з боку міжрядь, що негативно впливає на виростання насіння.
- Обґрунтовано вибір матеріалу клавішного розсіювача насіння. Застосування набору клавіш виконаних з алюмінієво-марганцевого сплаву 3004 призводить до зниження післяударної швидкості зернини до 76,53% в порівнянні з існуючим цільнометалевим розсіювачем.
- Розроблено математичну модель руху зернини після удару з розсіювачем, що дозволяє визначати кінцеву швидкість насіння з урахуванням властивостей матеріалу і параметрів робочого органу сошника. Теоретично і експериментально встановлено оптимальне значення клавіші розсіювача насіння дискового сошника: кута нахилу ( $\alpha = 0,8$  рад.), Довжина ( $l = 0,1$  м.), ширина ( $a = 0,01$  м.), товщина ( $h = 3 \cdot 10^{-4}$  м.)
- Розроблено математичну модель впливу параметрів розсіювача насіння, що забезпечують оптимальне розміщення по площі живлення і виявлення закономірностей взаємозв'язків від комбінації параметрів для опису області оптимуму, що дозволяють забезпечити найбільш повне задоволення агротехнічних вимог.
- Розраховано економічну ефективність роботи. При використанні експериментальної сівалки забезпечується зниження експлуатаційних затрат на гектар посівів на 35,51 %, затрат праці на 32,81 %. Річний сільськогосподарський економічний ефект від використання однієї експериментальної сівалки СЗ-3,6М рівний 22516,2 грн. в порівнянні з використанням серійної сівалки СЗ-3,6.