

**ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**П о я с н ю в а л ь н а   з а п и с к а**

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему:

**Обґрунтування конструктивно-технологічних  
параметрів висівного апарату зернової сівалки**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГАІ-1-23 за

спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Васильєв Віталій Іванович

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

Олександрівна

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро – 2024

# ДНІПРОВСЬКИЙ 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

Васильєв Віталій Іванович

(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

« \_\_\_ » листопада 2024 року № \_\_\_\_\_

**2. Строк подання студентом роботи** 22.11.2024 р.

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

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Сучасний стан механізації сівби зернових культур. 2. Теоретичне дослідження процесу висіву насіння ріпаку катушковим гвинтовим висівним апаратом. 3. Програма і методика експериментальних досліджень. 4. Результати експериментальних досліджень висівного апарату зернової сівалки. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Економічна ефективність впровадження зернової сівалки. Висновки. Бібліографічний список.

**5. Перелік демонстраційного матеріалу**

1. Мета і задачі, об'єкт, предмет досліджень. 2. Аналіз конструкцій висівних апаратів котушкового типу для сівби дрібнонасіненних культур. 3, 4 Теоретичні дослідження робочого процесу висіву насіння ріпаку котушковим гвинтовим висівним апаратом, 5. Програма та методика експериментальних досліджень. 6. Результати експериментальних досліджень висівного апарату зернової сівалки 7. Результати експериментальних досліджень висівного апарату зернової сівалки. 8. Охорона праці, 9. Економічні показники, 10. Висновки

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 30.10.2023 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 30.05.2024 р.	
2	Теоретичний	до 10.07.2024 р.	
3	Експериментальний	до 29.09.2024 р.	
4	Охорона праці	до 15.10.2024 р.	
5	Економічний	до 22.10.2024 р.	
6	Демонстраційна частина	до 29.10.2024 р.	

Студент

\_\_\_\_\_

( підпис )

Васильєв В.І.

\_\_\_\_\_ .

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

( підпис )

Пономаренко Н.О.

\_\_\_\_\_ .

(прізвище та ініціали)

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

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Сучасний стан механізації сівби зернових культур.....	8
1.1. Особливості сівби дрібнонасінневих культур.....	8
1.2. Аналіз конструкцій висівних апаратів катушкового типу для сівби дрібнонасінневих культур.....	12
1.3. Будова і принцип роботи катушкового гвинтового висівного апарату	20
Висновки до розділу.....	21
2. Теоретичне дослідження процесу висіву насіння ріпаку катушковим гвинтовим висівним апаратом.....	22
2.1. Динаміка насінневого матеріалу в катушковому гвинтовому висівному апараті.....	22
2.1.1 Процес висіву катушковим гвинтовим висівним апаратом.....	22
2.1.2. Довільний рух насінневого матеріалу.....	24
2.1.3. Примусовий рух насінневого матеріалу.....	24
2.2. Висівна здатність катушкового гвинтового висівного апарату.....	30
2.3. Обґрунтування конструктивних параметрів катушкового гвинтового висівного апарату.....	37
2.3.1. Обґрунтування конструктивних параметрів планки катушкового гвинтового висівного апарату.....	37
2.3.2. Обґрунтування конструктивних параметрів клапана катушкового гвинтового висівного апарату.....	39
2.3.3. Обґрунтування конструктивних параметрів жолобка катушки гвинтового висівного апарату.....	40
Висновки до розділу.....	43
3. Програма і методика експериментальних досліджень.....	44
3.1. Програма досліджень.....	44
3.2. Методика проведення лабораторних досліджень.....	44
3.2.1. Методика визначення фізико-механічних властивостей насіння ріпаку	44
3.2.2. Методика проведення експерименту.....	47
3.2.3. Методика визначення рівномірності розподілу насіння ріпаку уздовж рядка.....	52
3.2.4. Методика визначення висівної здатності катушкового гвинтового висівного апарату.....	54
3.2.5. Методика визначення травмування насіння ріпаку катушковим гвинтовим висівним апаратом.....	55
3.3. Методика проведення лабораторно-польових досліджень.....	56
3.3.1. Методика визначення рівномірності розподілу рослин уздовж	

рядка.....	57
3.3.2. Методика визначення врожайності.....	57
4. Результати експериментальних досліджень висівного апарату зернової сівалки.....	58
4.1. Лабораторні дослідження.....	58
4.1.1. Фізико-механічні властивостей насіння ріпаку.....	58
4.1.2. Етапи проведення експерименту.....	60
4.1.3. Процес розподілу насіння ріпаку вздовж рядка катушковим гвинтовим висівним апаратом.....	62
4.1.4. Висівна здатність катушкового гвинтового висівного апарату.....	66
4.1.5. Травмування насіння ріпаку катушковим гвинтовим висівним апаратом.....	71
4.1.6. Порівняння результатів теоретичних і експериментальних досліджень.....	76
Висновки до розділу.....	77
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	78
5.1 Дослідження та оцінка стану з охорони праці в ПП «Росток».....	78
5.2 Аналіз показників виробничого травматизму та захворювань, причини їх виникнення в господарстві.....	81
5.3. Заходи по поліпшенню умов праці.....	83
5.4 Безпека праці в надзвичайних ситуаціях у разі виникнення пожежі...	84
5.5 Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшенню умов праці в підприємстві.....	84
Висновки.....	86
6. Економічна ефективність впровадження зернової сівалки.....	87
6.1. Визначення затрат праці.....	88
6.2. Визначення експлуатаційних витрат.....	88
6.3. Визначення оплати праці.....	89
6.4. Відрахування на реновацію.....	90
6.5. Визначення відрахувань на капітальний, поточний ремонт та ТО.....	91
6.6. Визначення питомих витрат на паливо - мастильні матеріали.....	92
6.7. Визначення питомих капіталовкладень.....	92
6.8. Визначення вартості продукції.....	93
6.9. Визначення річного економічного ефекту.....	94
Загальні висновки.....	95
Список використаної літератури.....	96

## АНОТАЦІЯ

Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки, що містить 102 сторінки друкованого тексту та 9 аркушів ілюстративної частини.

Метою роботи є удосконалення процесу висіву дрібнонасіневих культур підвищенням якісних показників за рахунок застосування катушкового гвинтового висівного апарату.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішено наступні задачі досліджень:

- теоретично досліджено процес висіву насіння дрібнонасіневих культур катушковим гвинтовим висівним апаратом;
- обґрунтовано параметри і режими роботи катушкового гвинтового висівного апарату, які забезпечують рівномірний розподіл посівного матеріалу по площі живлення;
- визначено якісні показники роботи катушкового гвинтового висівного апарату;
- розраховано економічну ефективність використання зернової сівалки з катушковим гвинтовим висівним апаратом.

## ВСТУП

Створення надійної і збалансованої кормової бази для ведення успішного тваринництва неможливе без застосування високобілкових дрібнонасінневих культур (ріпак, люцерна та ін.), саме вони є основним джерелом дешевого рослинного білка.

У технологічній системі отримання високих врожаїв зеленого корму і високоякісного насіння однією з найвідповідальніших операцій є сівба. Ймовірною причиною недобору врожаю є використання посівних агрегатів з висівними апаратами непризначеними для сівби дрібнонасінних культур. Застосування даних технічних засобів призводить до зниження біологічної продуктивності посівів і підвищення витрати насіння через підвищену нерівномірність розподілу і травмування. За агротехнічними вимогами відхилення загального висіву насіння від заданої норми не повинно перевищувати  $\pm 3\%$ . Пошкодження насіння висівними апаратами не повинно перевищувати 1%.

До числа основних вузлів і механізмів сівалок, котрі надають суттєвий вплив на якість виконуваного технологічного процесу висіву, відносяться висівні апарати з дозувальними і розподільними пристроями, а також робочі органи, що утворюють насінневе ложе і закладають насіння в ґрунт, сошники, загортачі, прикотувальні пристрої.

Від якості роботи висівних апаратів в значній мірі залежить виконання однієї з основних агротехнічних вимог, що пред'являються до сівби, - рівномірний розподіл насіння по площі живлення. Рівномірний розподіл насіння по площі живлення і стабільне закладання їх на задану глибину створюють оптимальні умови для проростання насіння і подальшого розвитку рослин. Якість розподілу і загортання насіння залежить від рівномірності їх подачі висівним апаратом, характеру їх руху в насіннепроводі і сошниках, і багато в чому визначається конструкцією робочих органів, їх параметрами і робочими режимами.



# 1. СУЧАСНИЙ СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

## 1.1. Особливості сівби дрібнонасінневих культур

Зараз в Україні велику питому вагу займають зернові і зернобобові культури, доля технічних і кормових культур дуже мала [52].

Таблиця 1.1. Структура посівних площ по видах сільськогосподарських культур в господарствах усіх категорій України.

Культура	По роках, %			
	2021	2022	2023	2024
Зернові і зернобобові культури	56,5	56,2	58,2	60,8
Технічні культури	9,8	11,5	10,6	11,3
Кормові культури	28,5	27,2	26,2	24,1

Ця структура посівних площ створює складнощі в період сівби і в період збирання, через брак технічних засобів і чітких агротехнічних термінів. Розв'язати цю проблему можна шляхом введення в сівозміну перспективних технічних культур, важливе місце і особливе значення належить олійним культурам і головне місце відводиться ріпаку [47].

Ріпак (*Brassica napus* L. ssp. *oleífera* Metzg), родини капустяні або хрестоцвітні (*Brassicaceae*; *Cruciferae*) [1, 6] - одна з найстаріших олійних культур, їй більше 6 тис. років [55].

Ріпак є цінною олійною і кормовою культурою, джерелом високоякісної рослинної олії і кормового білку [50].

У світовому сільськогосподарському виробництві ріпаку припадає на частку 12% (25-27 млн. га) загальної площі посівів олійних культур. По валовому збору насіння, що досяг 44-47 млн. т в 2023-2024 рр., ріпак зайняв другу позицію після сої.

Обсяг виробництва рапсової олії складає більше 15% в сукупному світовому виробництві рослинних олій. При цьому соняшнику у світі

виробляється щорічно тільки близько 30 млн. т [48].

В Україні в структурі посівних площ під олійними культурами і у валовому виробництві олійної сировини на долю ріпаку до 2021 року доводилося не більше 3-4% [57].

Рапс, як ніяка інша культура, вдало поєднує в собі високу потенційну врожайність насіння, з високим вмістом олії (45-48%) і білку в насінні (22-25%) і в зеленій масі (3-4%) [28].

Рапсова олія - висококалорійний продукт, що широко використовується в натуральному вигляді на харчові цілі як аналог оливкової олії. Олія ріпаку привертає все більшу увагу як джерело поновлюваної сировини для хімічної промисловості і енергетики. Спектр його використання для технічних цілей надзвичайно широкий - від використання як початкового матеріалу для хімічного синтезу до застосування у вигляді мастильних засобів і перспективного виду палива. Рапсовий шрот (макуха), що отримується після витягування з насіння олії, - високобілковий корм для тварин. Один гектар сівби дозволяє отримати 30-60 т соковитого корму для тварин, що відрізняється низьким вмістом клітковини і гарною перетравністю [16].

З агротехнічної точки зору ріпак є хорошим попередником: рано звільняє поле, покращує структуру і родючість ґрунту, зменшує засміченість полів [26]. Обробіток зернових культур після ріпаку гарантує отримання надбавки урожаю зерна в середньому на 0,5 т. з 1 га без додаткових витрат, підвищуючи продуктивність сівозміни і ефективність рослинництва в цілому [10].

Врожайність цієї олійної культури в середньому не перевищує 0,9 - 1,17 т/га, при потенційній врожайності 1,4-1,5 т/га [62].

Кожна культура вимагає для нормального розвитку певної площі живлення. Виходячи з цього, обґрунтовується оптимальна густина насадження рослин, при якій враховується не лише максимальна продуктивність однієї рослини, але і сумарна врожайність.

Спосіб сівби багато в чому залежить від посівних якостей насіння сільськогосподарських культур і ґрунтово-кліматичних умов і визначається

необхідною густиною насадження і порядком розміщення рослин на одиниці площі. Залежно від цього приймається величина міжряддя і відстань між рослинами. Чітких наукових обґрунтувань відстаней між рослинами сільськогосподарських культур немає. Міжряддя зернових і просапних культур, що історично склалися, зазнають деякі зміни по мірі підвищення посівних якостей насіння, застосування хімії в сільському господарстві, підвищення загального рівня культури землеробства, створення нових культур і нової сільськогосподарської техніки [35].

Таблиця 1.3. Вплив норми висіву на продуктивність ярового ріпаку (за даними Інституту олійних культур, середнє за 2020 - 2024 рр.)

Норма висіву насіння, млн. шт./га	Врожайність, т/га	Кількість стручків на 1 рослині, шт.	Кількість насіння в 1 стручку, шт.	Маса 1000 насіння, г
1	1,27	48,4	19,0	3,74
2	1,34	41,4	18,6	3,73
3	1,41	29,5	19,3	3,74
6	1,37	26,2	18,3	3,70

У проріджених посівах, як показують спостереження, окремі рослини мають тенденцію розгалужуватись і стручки з насінням знаходяться в нижній частині рослини. У загущених посівах, особливо в посушливих умовах, в результаті конкуренції між рослинами часто зав'язується менше стручків і вони дрібні [42].

Дрібнонасінні культури висівають на насіння і зелений корм в основному рядовим способом з міжряддями 15 см [29]. Для цього застосовують сівалки - СЗ-3,6А, СЗП-3,6, СЗТ-3,6, іноді стерньовою сівалкою - СЗС-2,1, що не повною мірою відповідають агротехнічним вимогам для сівби дрібнонасінних культур (глибина закладення насіння, рівномірність висіву, норма висіву). Особлива увага при сівбі приділяється контролю за нормою висіву. У зв'язку з цим часто використовуються наповнювачі - просіяні гранульований суперфосфат, пісок,

тирса, пережарене дрібне насіння інших культур. При застосуванні суперфосфату в якості наповнювача його кількість обмежується 20 кг/га, а змішування з насінням виконують безпосередньо перед посівом.

У окремих випадках застосовують спеціалізовані пневматичні сівалки (СРП-6) що задовольняють агротехнічним вимогам по глибині закладення і нормі висіву [17]. Так само в господарствах використовують зарубіжні пневматичні сівалки John Deere, Sunflower, Morris [22].

Основне завдання сівби полягає в забезпеченні найкращих умов проростання насіння і в подальшому - розвитку рослин, а також в отриманні їх оптимальної густини при рівномірному розміщенні. Спосіб сівби впливає на забезпеченість рослин вологою і поживними речовинами [31].

За останні роки у світовому сільськогосподарському машинобудуванні відзначається інтенсивний розвиток конструкцій посівних машин, значне розширення їх номенклатури і подальша спеціалізація.

Сучасна еволюція машин для сівби пов'язана, передусім, з широким впровадженням в сільськогосподарське виробництво сівалок, обладнаних різними висівними апаратами, що використовують у своєму технологічному процесі пневматичний пристрій для дозування, транспортування насіння в сошники [34].

Основні переваги пневматичних зернових сівалок в порівнянні з сівалками, обладнаними механічними висівними апаратами, - підвищення продуктивності праці, зниження матеріаломісткості конструкції, а просапних пневматичних сівалок - велика універсальність по висіву насіння, що розрізняється розмірами і формою [56], але головним недоліком цих систем є підвищене їх травмування при посіві [18].

Необхідність спеціалізації сівалок викликана розробкою інтенсивних технологій обробітку сільськогосподарських культур і рівнем вимог, що підвищився, до якості виконуваного технологічного процесу.

У загальному комплексі технологічних операцій при обробітку сільськогосподарських культур визначальна роль належить посіву.

Багато учених зверталися у своїй творчості до питань теорії висіву такі як академік В. П. Горячкин, що започаткував, А. Н. Карпенко, Г. М. Бузенков, С. А. Ма, А. Н. теорію висіву Семенов, С.В. Кардашевский, В. Ф. Куц, А. А. Ким та ін. внесли великий внесок у розвиток теорії висіву і розробку технологічних основ побудови посівних машин [17, 18].

## **1.2. Аналіз конструкцій висівних апаратів котушкового типу для сівби дрібнонасінних культур**

Висівні апарати прийнято ділити на три основні типи за принципом роботи: механічні, пневматичні і пневмомеханічні.

Механічні висівні апарати дуже різноманітні по конструкції. До них відносяться котушкові, внутрішньореберчаті, ложкові, метеликові, фрикційні, відцентрові, вібраційні, щіткові, шнекові та інші висівні апарати [36].

Котушковий висівний апарат є найбільш поширеним. Він відносно простий по конструкції легко встановлюється на норму висіву. Рівень насіння у бункері, швидкість руху, а також вібрація практично не впливають на кількісний висів насіння. Але котушковому висівному апарату властивий недолік, закладений в принципі його роботи - нерівномірність подання насінневого потоку.

Аналіз сучасних висівних пристроїв сівалок дозволяє виділити два шляхи в розвитку їх конструкції: модернізація традиційних котушкових висівних апаратів і створення принципово нових висівних систем - відцентрових, шнекових, пневматичних, гвинтових та інших.

Вдосконалення жолобкових і штифтових котушкових висівних апаратів здійснюється в напрямку поліпшення якості виконуваного технологічного процесу висіву і експлуатаційно-технічних показників їх роботи. Це - підвищення точності дозування, універсальності (можливості висіву насіння, що розрізняється розмірами і фізико-механічними властивостями, в широкому діапазоні норм) і зниження травмування посівного матеріалу, а також

спрощення конструкції, зменшення її матеріаломісткості і витрат часу на технічне обслуговування і технологічні регулювання, підвищення надійності і терміну служби. Для чого корпуси і дозуючі робочі органи більшості сучасних котушкових висівних апаратів виготовляють литвом під тиском з довговічних і стійких до зношування і корозії матеріалів - алюмінієвих сплавів, металокераміки, поліуретану, нейлону, що підвищує рівномірність і стійкість висіву, оскільки виготовлені за такою технологією усі з'єднувальні деталі точно витримані по розмірах.

Виходячи з вдосконалення котушкового висівного апарату у напрямі поліпшення якості виконуваного технологічного процесу висіву, проведемо аналіз технічних рішень зарубіжних і вітчизняних розробок.

На поздовжню (уздовж рядка) рівномірність розподілу негативно впливає наявність комірок, що породжують пульсацію (дискретність) потоку насіння, особливо дрібнонасінних культур. Зниження пульсацій потоку посівного матеріалу можна досягнути шляхом збільшення кількості жолобків, з одночасним зменшенням їх об'ємів, зменшенням діаметру котушки, розташуванням жолобків по гвинтовій лінії. Так для зниження пульсацій край клапана (денце) стандартного висівного апарату виконують скошеним.

Для висіву насіння різних розмірів використовують котушку з рівновеликими ребрами (рис. 1.1) [6]. Але попадання дрібного насіння в жолобки для великого насіння так само веде до нерівномірності висіву.

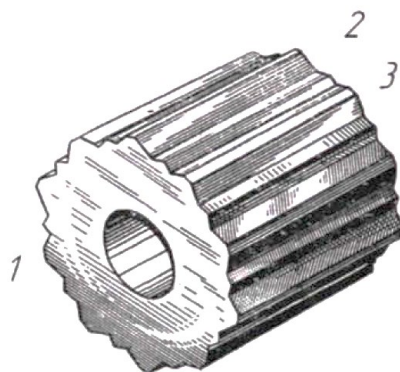


Рис. 1.1. Висівний апарат:

1 - котушка, 2, 3 - зуби.

Для висіву дрібнонасінних культур сівалкою СЗ-3,6 застосовується

котушка з пристроєм для дрібнонасінних культур (рис. 1.2) [3].

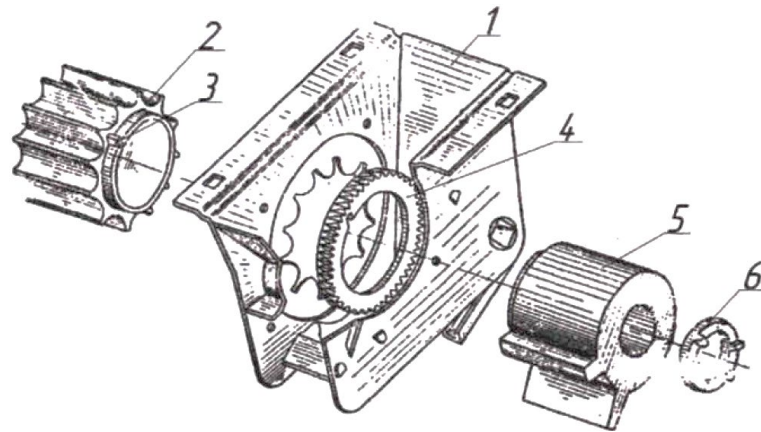


Рис. 1.2. Котушковий висівний апарат з пристроєм для висіву дрібнонасінних культур:

1 - корпус, 2 - катушка, 3 - шпонка, 4 - дрібнонасіннева катушка, 5 - муфта, 6 - компенсатор.

Пристосування до катушкового висівного апарату, представлено на рисунку 1.3.

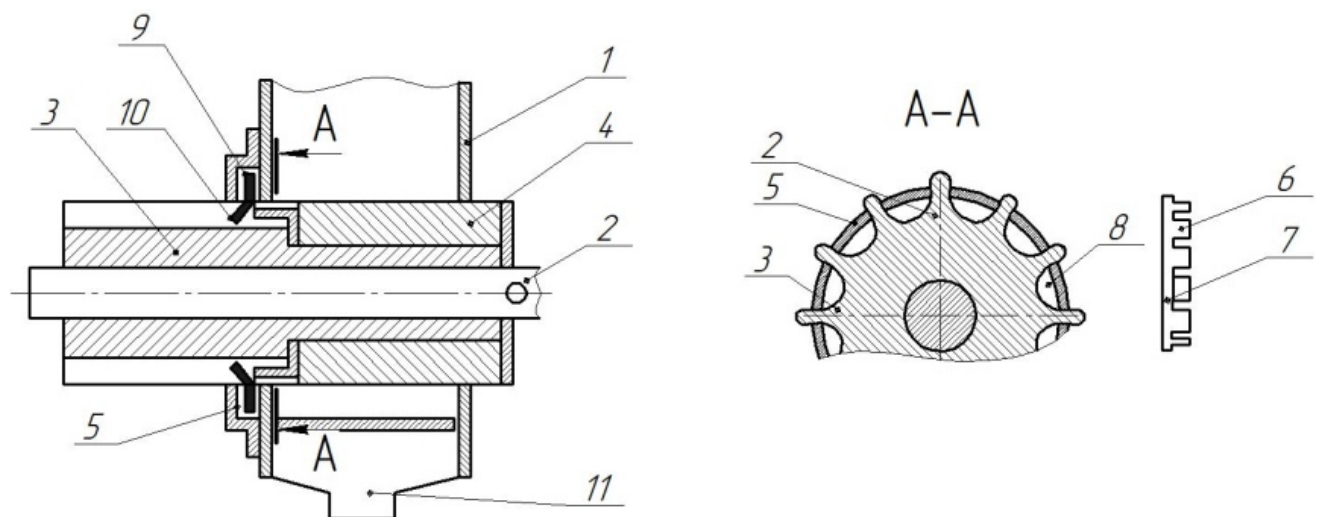


Рис. 1.3. Котушковий висівний апарат з пристроєм для висіву дрібнонасінних культур:

1 - корпус, 2 - вал, 3 - катушка, 4 - муфта, 5 - шайба, 6 - ребра, 7 - жолобки, 8 - паз, 9 - розетка, 10 - насіннепровід.

Існують конструкції що поєднують в одному висівному апараті дві катушки: більшого діаметру для зернових і меншого діаметру для

дрібнонасінних культур (рис. 1.4) [7].

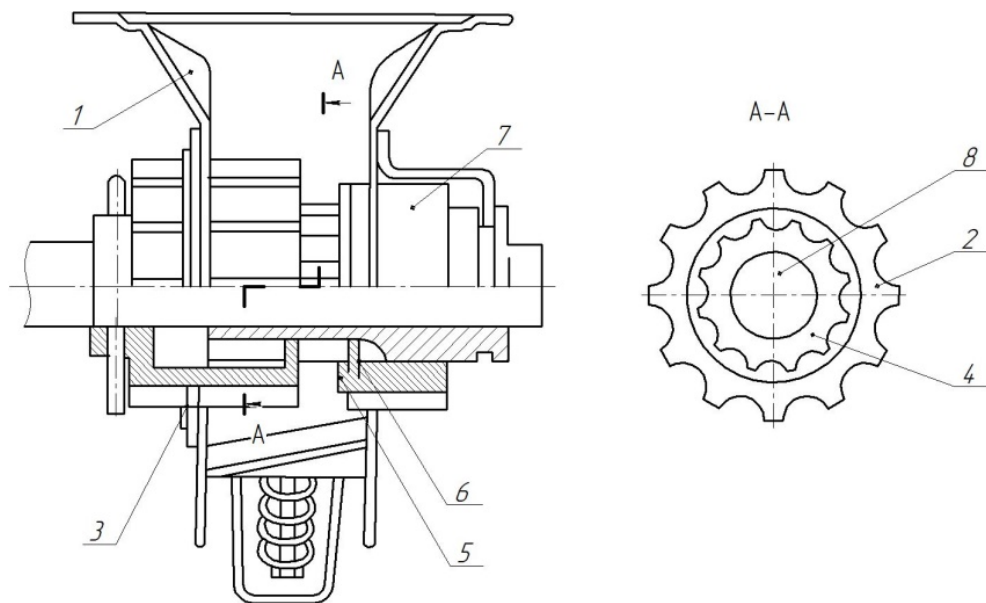


Рис. 1.4. Висівний апарат:

1 - корпус, 2 - котушка з великим діаметром, 3, 6 - розетка, 4 - котушка з меншим діаметром, 5 - муфта, 7 - фіксатор, 8 - вал.

Але нерівномірність висіву, властива котушковим висівним апаратам спостерігається в усіх конструкціях.

Деякі автори стверджують, що найбільш дозований вихід насіння забезпечується примусовим рухом, оскільки при цьому жолобки мають чіткі геометричні розміри.

У деяких конструкціях висівних апаратів передбачені пристосування, що відсікають активний шар [58]. Тому пропонується понизити до мінімуму або зовсім виключити примусовий висів, тим самим отримати рівномірність сівби. В даному випадку висів можна здійснити за допомогою котушки з гладкою робочою поверхнею, виготовленою з матеріалу з високим коефіцієнтом тертя (сівалка ССС-5) [40]. Використання цієї котушки ускладнене через обмеження швидкості обертання, внаслідок прояву «пробуксовування» всередині насінневої коробки.

Зарубіжні виробники і вітчизняні учені пропонують розміщувати



жолобки катушок по гвинтовій лінії, шевронними або у вигляді шнека (рис. 1.5, 1.6, 1,7).



Рис. 1.5. Гвинтова катушка висівних апаратів сівалок Morris і Sunflower.

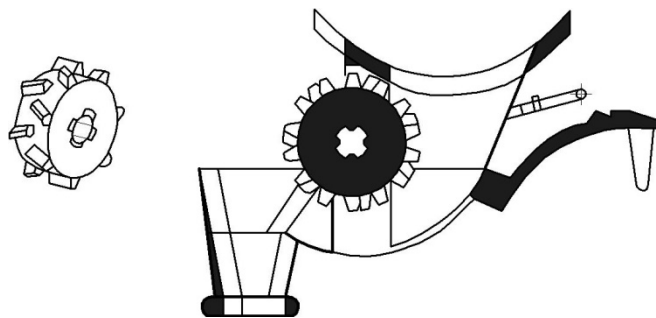


Рис. 1.6. Шевронна катушка висівного апарату сівалки Vertini.

При висіві дрібного насіння на малих частотах обертання пульсації неминучі, але в цих технічних рішеннях сівалки пневматичні, тому пульсації нівелюються повітряним потоком.

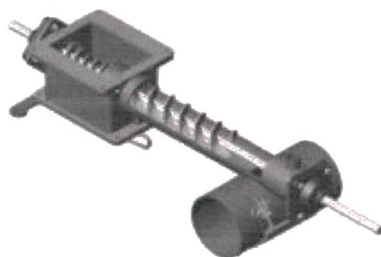


Рис. 1.7. Дозувальний апарат PDM Плюс (Positive Displacement Metering) фірми Bourgault.

Шнековий висівний апарат, для його задовільної роботи необхідно виготовляти високоточно з мінімальними проміжками.

Розташування жолобків на робочій поверхні катушки по спіралі підвищує

стійкість дозування висівного матеріалу, особливо дрібнонасінних культур [11].

Для сівби дрібнонасінних культур цей висівний апарат не призначений. Розташувати жолобки по гвинтовій лінії пропонують (рис. 1.8) [8].

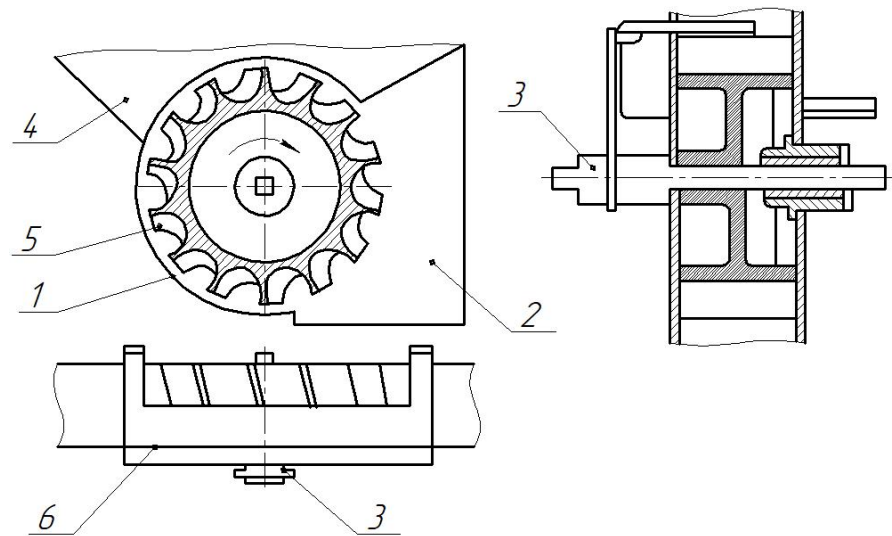


Рис. 1.8. Котушковий висівний апарат:

1 - боковина корпусу, 2 - насінневий канал, 3 - приводний вал, 4 - котушка, 5 - похилі жолобки, 6 - муфта.

Для підвищення рівномірності висіву і зменшення травмування насіння пропонується замінити жолобки на скоби, котрі розташовані по гвинтовій лінії (рис. 1.9) [5].

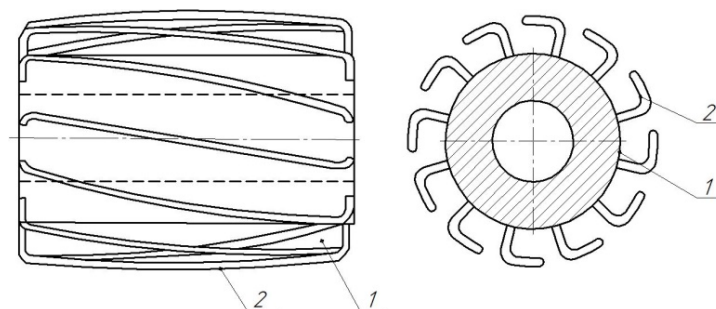


Рис. 1.9. Висівний апарат:

1 - барабан, 2 - скоби.

Скласти висівний апарат з безлічі пластин і тим самим зробити його універсальним пропонують [2]. Набір пластин з можливістю повороту один

відносно іншого і обладнаних фіксатором. Тим самим висівний апарат здатний адаптуватися до різних по розмірах культур (рис. 1.10).

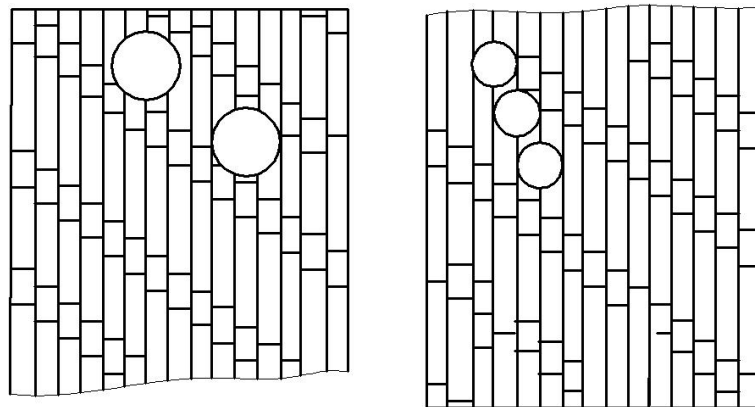


Рис. 1.10. Схема взаємного розташування пластин у висівному апараті.

Також відомий висівний апарат А.С. Беляєва [1], що використовується в рядкових і лісових сівалках (рис. 1.11). Котушка цього апарату гладка, але забезпечена висівною борозенкою прямокутного перерізу, по якій при обертанні дрібне насіння з коробки подається безперервним потоком. Борозенка нанесена замкнутою лінією.

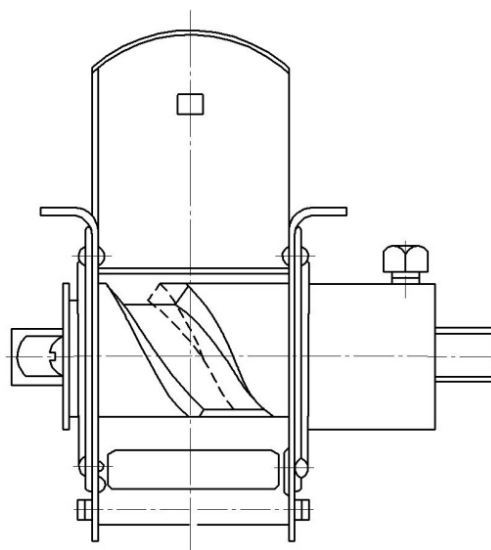


Рис. 1.11. Висівний апарат А.С. Беляєва.

Але для висіву дрібнонасінних культур він не призначений. На рисунку

1.12 представлені основні типи висівних апаратів, що використовуються в сучасних сівалках.

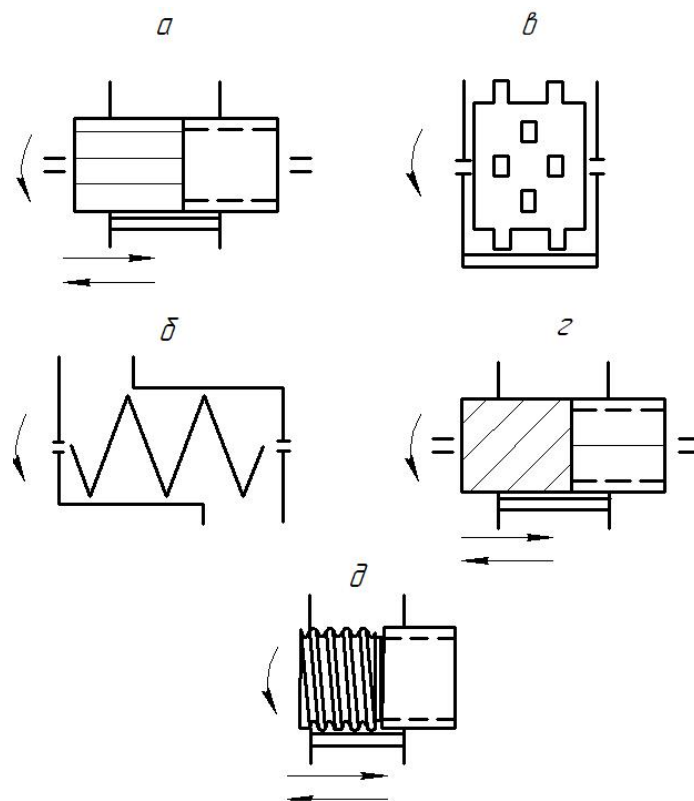


Рис. 1.12. Схеми висівних апаратів:

а - жолобковий котушковий; б - шнековий; в - штифтовий; г - котушковий з жолобками, розташованими по гвинтовій лінії; д - котушковий гвинтовий.

Жолобковий котушковий висівний апарат (рис. 1.12 а), універсальний, легко регулюється на норму висіву, як частотою обертання (передаточним відношенням), так і зміною робочої частини котушки, але його негативна якість - це дискретний (пульсуючий) висів, а так само підвищеним травмуванням насіння, особливо дрібнонасінних культур (більше 5%).

Шнековий висівний апарат (рис. 1.12 б) має безперечні якості - рівномірність дозування і універсальність по відношенню до висіваємих культур. На норму висіву регулюється частотою обертання або заслінкою на вході (для деяких типів сівалок). Недоліком цього висівного апарату є травмування посівного матеріалу і складність виготовлення.

Штифтовий висівний апарат (рис. 1.12, в) є універсальним, здатним

висівати широкий діапазон культур, з низьким травмуванням насіння, але як і катушковий має недолік - пульсуючий висів. На норму висіву регулюється частотою обертання.

Катушковий висівний апарат з жолобками, розташованими по гвинтовій лінії (рис. 1.12, г) має переваги жолобкового висівного апарату, але при висіві проявляються незначні пульсації висіву. Через зміщення насінневого матеріалу гвинтовою лінією до муфти може спостерігатися травмування насінневого матеріалу в зоні зіткнення робочої частини катушки і муфти.

Аналіз існуючих технічних рішень [9, 18] дозволяє зробити висновок про актуальність і доцільність розробки нового висівного апарату для сівби дрібнонасінних культур.

Катушковий гвинтовий висівний апарат є синтезом жолобкового катушкового і шнекового висівних апаратів. Ввібравши в собі позитивні риси обох, при цьому усунулись їх недоліки.

### **1.3. Будова і принцип роботи катушкового гвинтового висівного апарату**

Катушковий гвинтовий висівний апарат (рис. 1.13) складається з катушки з жолобком розташованим по гвинтовій лінії - 1, клапана - 2, штампованого корпусу - 3, муфти - 4, накладки - 5, планки - 6 і циліндричної розетки - 7. Корпус прикріплюється знизу до насінневого ящика сівалки, на дні якого виконане вікно, співпадаюче з горловиною коробки. Насіння, що знаходиться в ящику сівалки, самопливом поступає через ці отвори в коробки апаратів і заповнює простір навколо катушок. У катушковому гвинтовому висівному апараті для запобігання розсипанню насінневого матеріалу через витки і підтримку рівня насінневої маси у катушки передбачена планка, яка кріпиться до корпусу болтовим з'єднанням. Катушка, на робочій поверхні якої по правій гвинтовій лінії розташований жолобок параболічної форми, обертаючись в коробці, подає насіння у горловину насіннепроводів. Форма жолобка у вигляді параболі запобігає заклинюванню насіння в міжвитковому просторі.

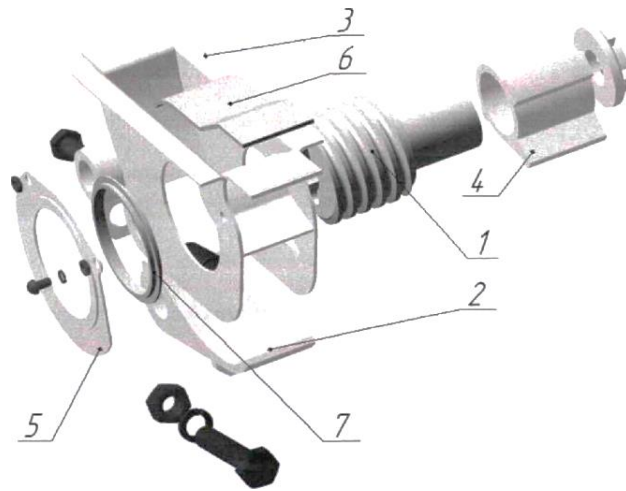


Рис. 1.13. Загальний вигляд котушкового гвинтового висівного апарату :

1 - котушка, 2 - клапан, 3 - корпус, 4 - муфта, 5 - накладка, 6 - планка;  
7 - розетка.

У зоні виходу посівного матеріалу на робочій частині котушки виконана проточка. Проточка перешкоджає травмуванню насіння. Конструкція котушки дозволяє переміщати її так, щоб вона стикалася з насіннєвим матеріалом по усій довжині або тільки її частині. Коли котушку висувають з коробки, вихідне вікно апарату закриває муфта. Котушка обертається разом з розеткою, змонтованою в круговому пазу стінки коробки з кришкою [61]. Розетка має форму кільця, так само вона є опорою котушки і перешкоджає висипанню насіння. У нижній частині коробки знаходиться клапан, який розташовують на різних відстанях від котушки. Для висіву дрібнонасіннєвих культур встановлюють проміжок не більше 2 мм. Клапан має прямий край, на відміну від стандартного із скошеним краєм.

#### 1.4. Висновки до розділу

1. В результаті аналізу технічних рішень для сівби дрібнонасіннєвих культур було встановлено, що основними недоліками існуючих котушкових висівних апаратів є нерівномірність подачі насіння (пульсація висіву) і їх травмування.

2. Одним з перспективних способів усунення даних недоліків є використання котушкового гвинтового висівного апарату.

## **2. ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИСІВУ НАСІННЯ РІПАКУ КОТУШКОВИМ ГВИНТОВИМ ВИСІВНИМ АПАРАТОМ**

Відповідно до мети магістерської роботи необхідно провести теоретичне дослідження роботи катушкового гвинтового висівного апарату. При цьому провести теоретичне дослідження процесу висіву насіння дрібнонасінних культур і обґрунтувати параметри і режими роботи катушкового гвинтового висівного апарату, що забезпечують рівномірний розподіл посівного матеріалу по площі живлення.

### **2.1 Динаміка насінневого матеріалу в катушковому гвинтовому висівному апараті.**

#### **2.1.1 Процес висіву катушковим гвинтовим висівним апаратом.**

При розгляді процесів, що відбуваються у висівних апаратах особливий інтерес представляє рух насінневого матеріалу у відповідності з необхідною якістю посіву, як цільової функції висівного апарату.

Під час роботи катушкових висівних апаратів (у тому числі катушкового гвинтового) в коробці спостерігаються три види руху насінневого матеріалу (рис. 2.1) [18]:

- довільний (вільний);
- примусовий;
- активний.

Вільний (довільний) рух відбувається під дією гравітаційних сил маси насіння.

Примусовий рух здійснюється в жолобковому просторі катушки висівного апарату.

Активний рух відбувається за рахунок тертя примусового шару, що обертається, і іншої насінневої маси.

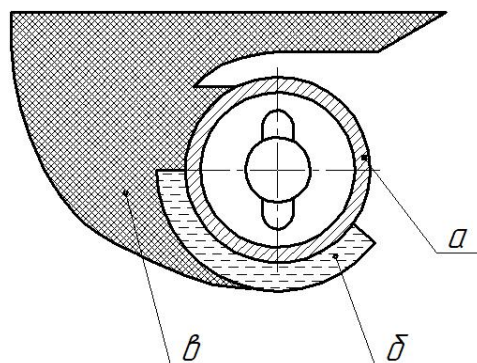


Рис. 2.1. Види руху насінневого матеріалу при роботі катушкового гвинтового висівного апарату:

а - примусовий, б - активний, в - вільний.

Зона вільного витікання насіння охоплює нижню частину бункера, верхню частину планки і дно коробки висівного апарату. Опускаючись під дією власної ваги, насіння постійно входить в контакт з активним шаром і катушкою, що обертається.

Вільний рух насіння обмежується з одного боку планкою, тим самим запобігаючи просипанню насінневого матеріалу через верхній проміжок між катушкою і корпусом. З іншого боку в зоні між задньою стінкою і катушкою обмежено деяким рівнем, від якого починається примусовий рух. По дослідженнях А. Н. Карпенко і А. Н. Семенова [37] та ін. в цьому місці, внаслідок перехідного процесу руху насіння і дії здавлюючої сили може відбуватися подрібнення насіння, цю зону умовно називають зоною дроблення.

У висіві беруть участь примусовий і активний рух насінневого матеріалу. При цих видах руху відбувається найінтенсивніша взаємодія насінневого матеріалу з елементами висівного апарату. Примусово насіння висівається жолобками висівного апарату. За рахунок сили тертя в пограничному шарі частина насіння теж залучаються до обертального руху. Активний шар (у вигляді півкільця) має різну товщину і швидкість руху. Для полегшення використовують поняття приведенного активного шару, вважаючи його постійним.

Послідовне перетворення вільного руху насінневого матеріалу в активний і примусовий, і подальше викидання катушкою посівного матеріалу у воронку



насіннєпроводу, забезпечує безперервність процесу висіву.

Взаємодія робочих органів з сипким матеріалом - насінням сільськогосподарських культур - основа технологічного процесу посівних машин. Всебічне і глибоке вивчення механіки сипких матеріалів є початковою передумовою для вдосконалення і створення нових принципів і робочих органів і сівалок.

Для моделювання процесу висіву насіння приймемо наступні теоретичні припущення [17]:

1. Насіння ріпаку має кулясту форму.
2. Абсолютно тверде.
3. Рівне за розміром і масою.
4. Має сухе внутрішнє і зовнішнє тертя.

#### 2.1.2. Довільний рух насіннєвого матеріалу.

Рух насіннєвої маси з бункера в коробку висівного апарату можна представити як витікання сипкого матеріалу з отвору. Так Л.Я. Гячев пропонує модель руху сипких матеріалів. Для вільного гідравлічного витікання гранична витрата визначиться [17]:

$$g_{np} = \mu \cdot r^2 \sqrt{\frac{gr}{2b}}, \quad (2.1)$$

де  $\mu = n \cdot \operatorname{tg} \pi/n$ ;

$n$  - число сторін багатокутника, в нашому випадку  $n = 4$ ;

$r$  - радіус отвору, м;

$g$  - прискорення вільного падіння,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;

$b = \operatorname{tg} \alpha$ , (де  $\alpha$  - кут між дотичною до кривої поздовжнього перерізу і віссю прохідного отвору). Тоді остаточно гранична витрата має вигляд:

$$g_{np} = 4 \operatorname{tg} \frac{\pi}{2} \cdot r^2 \sqrt{\frac{gr}{2b}}, \quad (2.2)$$

#### 2.1.3. Примусовий рух насіннєвого матеріалу.

Розглянемо наближену фізичну модель процесу взаємодії насіння ріпаку з елементами робочих органів катушкового гвинтового висівного апарату. Рух насіння визначається силами, що діють на нього, і характером зв'язків, тому нам необхідно встановити ці зв'язки. При висіві катушковим гвинтовим висівним апаратом і взаємодії його з насінневою масою (ріпаком) на насіння (рис. 2.2), при коченні з деформацією підшви (деформація насінневої маси, котра складається з безлічі насінини відбувається через перегрупування взаємного розташування), з боку насінневої маси діє нормальний опір, що проходить через центр насіння  $C$  під деяким кутом до нормалі  $\mu$ . Виникає сила тертя насіння по насінневій масі  $F_{mp}$  з кутом тертя –  $\varphi_1$  [27] Так само на насіння діє сили тяжіння  $G$  і висівний апарат з силою  $F_2$ , спрямованою до центру  $C$ , їй протидіє сила реакції опори  $N_2$ . Між висівним апаратом і насінням виникає рушійна сила  $F$ , яка діє на насіння. Визначимо рушійну силу  $F$ :

$$F = \frac{N}{\cos \varphi} \cdot \sin(\mu + \varphi), \quad (2.3)$$

де  $N$  - реакція опори;

$\varphi_1$  - кут зовнішнього тертя між насінням насінневої маси;

$\mu$  - кут перекидання.

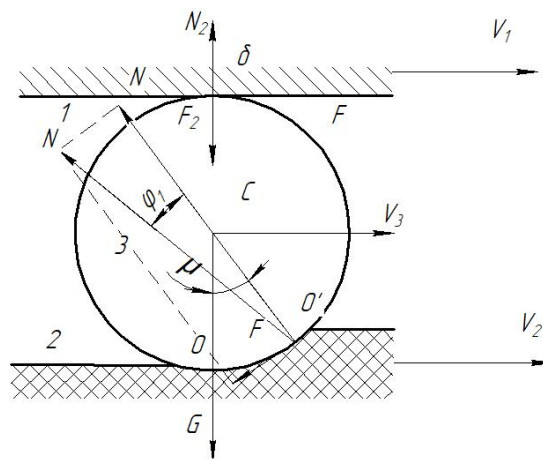


Рис. 2.2. Схема взаємодії насінневої маси, однієї насінини і поверхні катушки гвинтового висівного апарату:

1 - поверхня катушки гвинтового висівного апарату, 2 - насіннева маса, що складається з безлічі насінин, 3 - насінина.

Для того, щоб насінина переміщалася по насіннєвій масі, потрібна умова:

$$F > \frac{mg \cdot \sin(\mu + \varphi_1)}{\cos \varphi}, \quad (2.4)$$

Виразимо рушійну силу  $F$  як силу тертя:

$$F = F_2 \cdot f = F_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_2, \quad (2.5)$$

де  $\varphi_2$  - кут тертя між насінням і поверхнею висівного апарату.

Підставимо вираз (2.4) у вираз (2.5), отримаємо умову при виконанні якої насінина котитиметься по насіннєвій масі:

$$F_2 > \frac{mg \cdot \sin(\mu + \varphi_1)}{\operatorname{tg} \varphi_2 \cdot \cos \varphi}, \quad (2.6)$$

На основі рівнянь теоретичної механіки визначимо закон руху насінини в просторі [14]. На насінину при взаємодії з поверхнею катушкового гвинтового висівного апарату і насіннєвою масою діють сили, приведені на рисунку 2.3: вага -  $mg$ , сила, що діє з боку насіннєвої маси, -  $N$ , сила, що діє з боку граней висівного апарату -  $F$ , тертя по поверхні висівного апарату -  $F_{mp1}$ , сила внутрішнього тертя -  $F_{mp2}$ , відцентрова сила -  $I_u$ .

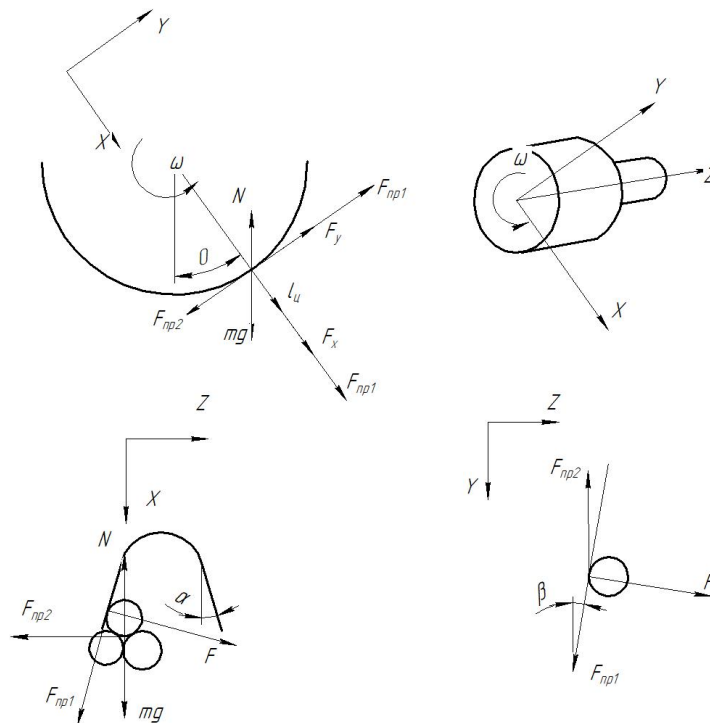


Рис. 2.3. Сили діючі на насінину в катушковому гвинтовому висівному апараті.

Складемо рівняння руху насінини:

$$\begin{aligned} OX \quad m\ddot{x} &= F \sin \alpha + mg \cos \theta + I_u + F_{mp1} \cos \alpha - N \cos \theta; \\ OY \quad m\ddot{y} &= F \sin \beta + F_{mp1} \cos \beta + N \sin \theta - F_{mp2} - mg \sin \theta; \\ OZ \quad m\ddot{z} &= F \cos \alpha \sin \beta - F_{mp1} \sin \alpha \sin \beta - F_{mp2}. \end{aligned} \quad (2.7)$$

Знаючи, що доцентрове прискорення рівне:

$$I_u = m \frac{V^2}{r_k}. \quad (2.8)$$

Реакція опори і сила тертя об насіння рівні:

$$N = mg, \quad F_{mp2} = N \operatorname{tg} \varphi_2 = mg \operatorname{tg} \varphi_2. \quad (2.9, 2.10)$$

Сила, що діє на насінину і сила тертя насінини по висівному апарату рівні:

$$\begin{aligned} F &= F_{mp2} \sin \alpha \sin \beta = mg \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \alpha \sin \beta; \\ F_{mp1} &= F \operatorname{tg} \varphi = mg \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \alpha \sin \beta. \end{aligned} \quad (2.11, 2.12)$$

Підставимо залежності 2.11 і 2.12 в рівняння 2.7

$$\begin{aligned} m\ddot{x} &= mg \operatorname{tg} \varphi_2 \sin^2 \alpha \sin \beta + mg \cos \theta + m \frac{V^2}{r_k} + mg \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \alpha \sin \beta \cos \alpha - mg \cos \theta; \\ m\ddot{y} &= mg \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \alpha \sin^2 \beta + mg \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \alpha \sin \beta \cos \beta + mg \sin \theta - mg \operatorname{tg} \varphi_2 - mg \sin \theta; \\ m\ddot{z} &= mg \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \alpha \sin \beta \cos \alpha \cos \beta - mg \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varphi_2 \sin^2 \alpha \sin^2 \beta - mg \operatorname{tg} \varphi_2. \end{aligned} \quad (2.13)$$

Скоротимо отримані залежності на масу і в результаті отримаємо прискорення насінини при взаємодії з катушковим гвинтовим висівним апаратом:

$$\begin{aligned} a_x &= \operatorname{tg} \varphi_2 \sin^2 \alpha \sin \beta + \frac{V^2}{r_k} + \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \alpha \sin \beta \cos \alpha; \\ a_y &= \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \alpha \sin^2 \beta + \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \alpha \sin \beta \cos \beta - \operatorname{tg} \varphi_2; \\ a_z &= \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \alpha \sin \beta \cos \alpha \cos \beta - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varphi_2 \sin^2 \alpha \sin^2 \beta - \operatorname{tg} \varphi_2. \end{aligned} \quad (2.14)$$

Проінтегруємо дане рівняння по часу  $t$ :

$$\begin{aligned} d\dot{x} &= \left( \operatorname{tg} \varphi_2 \sin^2 \alpha \sin \beta + \frac{V^2}{r_k} + \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \alpha \sin \beta \cos \alpha \right) dt + C_1; \\ d\dot{y} &= \left( \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \alpha \sin^2 \beta + \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \alpha \sin \beta \cos \beta - \operatorname{tg} \varphi_2 \right) dt + C_2; \\ d\dot{z} &= \left( \operatorname{tg} \varphi_2 \sin \alpha \sin \beta \cos \alpha \cos \beta - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \varphi_2 \sin^2 \alpha \sin^2 \beta - \operatorname{tg} \varphi_2 \right) dt + C_3. \end{aligned} \quad (2.15)$$

Отримаємо рівняння швидкостей, знайдемо  $C_1, C_2, C_3$  при  $t = 0$  і  $x = V_0$ ,

отже  $C_1 = V_{0x}$ ,  $C_2 = V_{0y}$ ,  $C_3 = V_{0z}$ ;

$$\begin{aligned} \dot{x} &= V_x = V_{0x} + \left( gtg\varphi_2 \sin^2 \alpha \sin \beta + \frac{V_k^2}{r_k} + gtg\varphi_2 \sin \alpha \sin \beta \cos \alpha \right) t; \\ \dot{y} &= V_y = V_{0y} + \left( gtg\varphi_2 \sin \alpha \sin^2 \beta + gtg\varphi_2 \sin \alpha \sin \beta \cos \beta - gtg\varphi_2 \right) t; \\ \dot{z} &= V_z = V_{0z} + \left( gtg\varphi_2 \sin \alpha \sin \beta \cos \alpha \cos \beta - gtg\varphi_2 \sin^2 \alpha \sin^2 \beta - gtg\varphi_2 \right) t. \end{aligned} \quad (2.16)$$

Для визначення закону руху насінини замінимо у виразі  $x$  на  $dx/dt$ , після відокремлення змінних знаходимо:

$$\begin{aligned} x &= V_{0x} dt + \frac{1}{2} \left( gtg\varphi_2 \sin^2 \alpha \sin \beta + \frac{V_k^2}{r_k} + gtg\varphi_2 \sin \alpha \sin \beta \cos \alpha \right) t dt + C_4; \\ y &= V_{0y} dt + \frac{1}{2} \left( gtg\varphi_2 \sin \alpha \sin^2 \beta + gtg\varphi_2 \sin \alpha \sin \beta \cos \beta - gtg\varphi_2 \right) t dt + C_5; \\ z &= V_{0z} dt + \frac{1}{2} \left( gtg\varphi_2 \sin \alpha \sin \beta \cos \alpha \cos \beta - gtg\varphi_2 \sin^2 \alpha \sin^2 \beta - gtg\varphi_2 \right) t dt + C_6. \end{aligned} \quad (2.17)$$

Постійні інтегрування  $C_4$ ,  $C_5$ ,  $C_6$  при  $t = 0$  і  $x = 0$ ,  $C_4 = 0$ ,  $C_5 = 0$ ,  $C_6 = 0$ , отже закон руху насінини прийме вигляд:

$$\begin{aligned} x &= V_{0x} t + \frac{V_k^2 t^2}{2r_k} + \frac{1}{2} gtg\varphi_2 (\sin \alpha + tg\varphi \cos \alpha) t^2; \\ y &= V_{0y} t + \frac{1}{2} gtg\varphi_2 (\sin \alpha \sin^2 \beta + tg\varphi \sin \alpha \sin \beta \cos \beta - 1) t^2; \\ z &= V_{0z} t + \frac{1}{2} gtg\varphi_2 (\sin \alpha \sin \beta \cos \alpha \cos \beta - tg\varphi_2 \sin^2 \alpha \sin^2 \beta - 1) t^2. \end{aligned} \quad (2.18)$$

Для визначення сили, що діє на насінину в катушковому гвинтовому висівному апараті проінтегруємо 2.18:

$$\begin{aligned} F_x &= \sum F_x = F \sin \alpha + mg \cos \theta + I_u + F_{mp1} \cos \alpha - N \cos \theta = 0; \\ F_y &= \sum F_y = F \sin \beta + F_{mp1} \cos \beta + N \sin \theta - F_{mp2} - mg \sin \theta = 0; \\ F_z &= \sum F_z = F \cos \alpha \sin \beta - F_{mp1} \sin \alpha \sin \beta - F_{mp2} = 0. \end{aligned} \quad (2.19)$$

Розглянемо послідовність фаз взаємодії насінини з насінневою масою і поверхнею катушки гвинтового висівного апарату, при цьому за нерухому точку приймаємо вісь висівного апарату.

На початку процесу висіву швидкості відносно осі висівного апарату  $V_2$  і  $V_3$  дорівнюють нулю, а швидкість  $V_1 = \omega R$ . Насіння знаходиться відносно насінневої маси, а висівний апарат рухатиметься з дотичною швидкістю  $V_1$ , при

цьому буде ковзати по насінню і насіннєвій масі. Між висівним апаратом і насінням діє сила тертя ковзання, а між насіннєвою масою і насінням - сила тертя спокою рівна  $F_0 = \varphi_0 F_N$ .

У наступний момент часу насіння, що знаходиться в зоні дії котушки висівного апарату починають захоплюватися ним і викидатися в насіннепровід. Швидкість насінини -  $V_3$  не дорівнює нулю, швидкість насіннєвої маси  $V_2$  дорівнює нулю. В даному випадку насіння рухатиметься в бік обертання висівного апарату і котитиметься з ковзанням або без нього по насіннєвій масі.

При переході до сталого режиму роботи. Насінина, насіннєва маса і висівний апарат рухаються в одному напрямі, але з різними за величиною швидкостями  $V_1 > V_3 > V_2$ .

В даному випадку насіння і насіннєва маса рухатимуться в бік обертання висівного апарату, при цьому насінина котитиметься, або котитиметься і ковзатиме одночасно по поверхні висівного апарату і по насіннєвій масі, в залежності від значення кута перекидання  $\mu$ .

При режимі сталого роботи. Насінина, насіннєва маса і висівний апарат рухаються з рівними швидкостями  $V_1 = V_2 = V_3 = \text{const}$  відмінними від нуля постійною швидкістю. Насінина знаходиться відносно насіннєвої маси і висівного апарату.

Насіннєва маса рухається зі швидкістю потоку, яка визначається подачею висівного апарату та діє сила тертя спокою  $F_0 = \varphi_0 F_N$ .

Можна зробити висновок, що під час висіву котушковим гвинтовим висівним апаратом насіння здійснює три види руху :

1. Насінина знаходиться відносно насіннєвої маси (діє сила тертя спокою  $F_0$ ), а висівний апарат ковзає по насінню, діє сила тертя ковзання  $F_0 = \varphi F_N$  [23] і кут тертя менший за кут перекидання  $\mu > \varphi$ .

2. Насінина котиться між висівним апаратом і насіннєвою масою, діє сила тертя кочення  $F' = \varphi' F_N$ , кут тертя більший за кут перекидання  $\varphi > \mu$ .

3. Насінина знаходиться відносно висівного апарату і насіннєвою масою, між цими тілами діє сила тертя спокою  $F_0 = \varphi_0 F_N$ .

Визначаючи діючу силу в даний проміжок часу, слід враховувати, що  $F_0 > F \gg F'$ , більша сила визначить вид руху насінини.

Шляхом визначення руху і виду взаємодії насіння ріпаку між собою і з гвинтовою поверхнею катушки висівного апарату, можна визначити параметри гвинтової частини, щоб оптимізувати подачу насінневого матеріалу через висівний апарат і не допустити заклинювання насіння в жолобках, тобто забезпечити рівномірність подачі.

## 2.2. Висівна здатність катушкового гвинтового висівного апарату

Робочим об'ємом  $V_0$  катушки (висівна здатність) називають об'єм насіння, що висівається нею за один оберт. Об'єм насіння  $V_0$  м<sup>3</sup>, що викидається катушкою за один оберт, складається з об'єму насіння, що потрапило в жолобки  $V_{Ж}$  і об'єму насіння, викинутого з активного шару  $V_A$ , тобто [59].

$$V_0 = V_{Ж} + V_A, \quad (2.20)$$

де  $V_{Ж}$  - об'єм насіння, котрий висівається жолобками за один оберт катушки, м<sup>3</sup>;

$V_A$  - об'єм насіння, котрий висівається активним шаром за один оберт катушки, м<sup>3</sup>.

Визначення об'єму насіння, котре висівається активним шаром  $V_A$  ускладнене рядом обставин і в першу чергу тим, що швидкість руху насіння не постійна в товщині шару  $C$  (рис. 2.4), причому вид функції  $V_x = f(x)$ , може бути визначений тільки дослідним шляхом.

Дослідне вивчення процесу роботи катушкового гвинтового висівного апарату показало, що закономірність зміни швидкості  $V_x$  руху насіння в активному шарі може в першому наближенні бути виражена наступною залежністю:

$$V_x = V_{ва} \cdot \left(1 - \frac{x}{C}\right)^m, \quad (2.21)$$

де  $V_{ва} = \pi \cdot D \cdot n_{ва}$ ;

$m$  - показник міри, визначуваний дослідним шляхом;

$n_{ва}$  - часта обертання висівного апарату,  $c^{-1}$ .

Розрахунок робочого процесу висівного апарату проведемо, орієнтуючись на приведену товщину  $C_{np}$  приведенного шару, яка легко визначається дослідним шляхом. Приведена товщина активного шару є товщиною  $C_{np}$  деякого шару насіння, що рухається з постійною швидкістю  $V_{ва}$  (рис. 2.4).

Якщо скористатися виразом 2.21, то зв'язок між  $C$  і  $C_{np}$  можна визначити з наступної рівності:

$$V_{ва} = \int_0^C \left(1 - \frac{x}{C}\right)^m dx = C_{np} \cdot V_{ва}, \quad (2.22)$$

Звідки:

$$C = C_{np} \cdot (m - 1). \quad (2.23)$$

Значення  $C_{np}$  незначно міняються зі зміною довжини робочої частини котушки і частоти її обертання, рисунок 2.4.

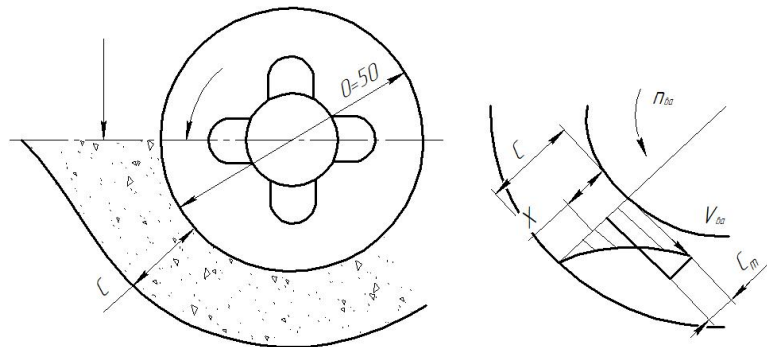


Рис. 2.4. Схема роботи котушкового висівного апарату

Таким чином, об'єм насіння, котре висівається активним шаром визначитися по формулі (2.24).

$$V_{ва} = \pi \cdot D_k \cdot C_{np} \cdot l_k, \quad (2.24)$$

де  $D_k$  - діаметр котушки висівного апарату, м;

$C_{np}$  - приведена товщина активного шару, м;

$l_k$  - робоча довжина котушки висівного апарату, м.

Об'єм насіння, котре висівається жолобками котушки можна визначити



розрахунковим шляхом, оскільки жолобок катушкового гвинтового висівного апарату є гвинтовою лінією, причому жолобок тільки один, при однозаходному гвинті, або декілька при багатозаходному. Тому об'єм жолобка визначитися:

$$V_{\text{ж}} = F_{\text{ж}} \cdot L, \quad (2.25)$$

де  $F_{\text{ж}}$  - площа перетину жолобків катушки, м<sup>2</sup>;

$L$  - довжина жолобка катушки, м.

Жолобок в поперечному перерізі є параболою, яку можна представити такою, що складається з двох елементів: перевернутої трапеції і сегменту. Геометричні параметри жолобка представлені на рисунку 2.5.

Площа жолобка визначиться як сума площ трапеції і сегменту:

$$F_{\text{ж}} = f_1 + f_2, \quad (2.26)$$

де  $f_1$  - площа трапеції, м;

$f_2$  - площа сегменту, м<sup>2</sup>.

$$f_1 = \frac{a+b}{2} h, \quad (2.27)$$

де  $a$  - довжина меншої основи трапеції, м.

$b$  - довжина більшої основи, м.

$h$  - висота трапеції, м.

Виразимо  $a$  через  $b$ :

$$a_1 = b - 2h \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}, \quad (2.28)$$

де  $\alpha$  - кут нахилу грані.

Отже:

$$f_1 = \left( b - h \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) h, \quad (2.29)$$

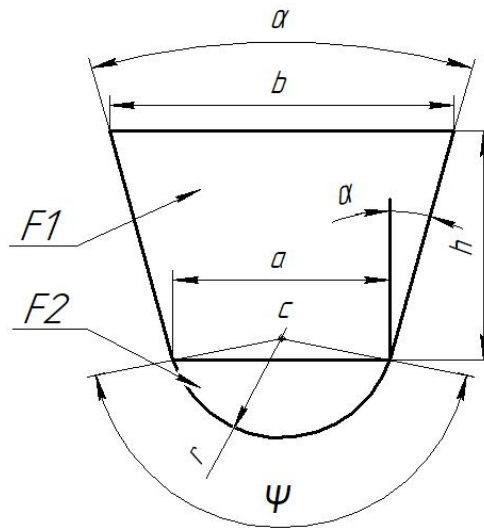


Рис. 2.5. Геометричні параметри жолобка.

Площа сегменту визначиться як:

$$f_2 = \frac{r^2}{2} \left( \frac{\pi}{180} \psi - \sin \psi \right), \quad (2.30)$$

де  $r$  - радіус сегменту, м;

$\psi$  - центральний кут.

Площа жолобка:

$$F_{\text{жс}} = \left( b - h \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) h + \frac{r^2}{2} \left( \frac{\pi}{180} \psi - \sin \psi \right), \quad (2.31)$$

Знайдемо  $L$  - довжину жолобка гвинтової котушки висівного апарату:

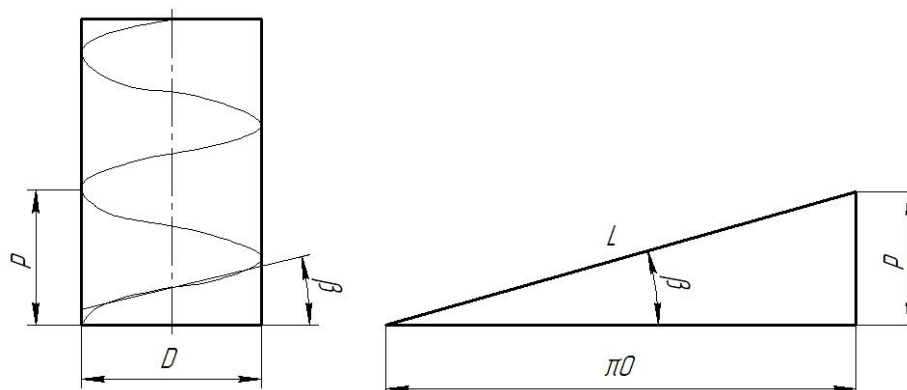


Рис. 2.6. Основні параметри гвинтової лінії.

Як видно з рисунка 2.6, довжина дуги одного кроку 1, визначиться як:

$$l = \frac{\pi D_k}{\cos \beta}, \quad (2.32)$$

де  $D_k$  - діаметр котушки, м;

$\beta$  - кут підйому гвинтової лінії, град.

Крок гвинтової лінії визначиться [13]:

$$p = \pi \cdot D_k \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad (2.33)$$

При куті  $0^\circ < \beta < 90^\circ$  жолобок розташовується по гвинтовій лінії з параметрами представленими на рисунку 2.6. Кількість витків визначитися:

$$z = \frac{l_k}{p \cdot \cos \beta}, \quad (2.34)$$

де  $l_k$  - довжина робочої частини котушки, м.

Отже довжина гвинтової лінії рівна:

$$L_{жк} = l \cdot z. \quad (2.35)$$

Для визначення довжини жолобка котушки підставимо в рівняння 2.35 рівняння 2.32, 2.33 і 2.34:

$$L_{жк} = \frac{l_k}{\sin \beta \cdot \cos \beta}, \quad (2.36)$$

Знаючи що:  $\sin 2\beta = 2 \sin \beta \cdot \cos \beta$  представимо формулу 2.36 у вигляді:

$$L_{жк} = \frac{2l_k}{\sin 2\beta}, \quad (2.37)$$

Об'єм жолобка виразиться:

$$L_{жк} = \frac{l_k}{\sin \beta \cdot \cos \beta}, \quad (2.38)$$

Введемо коефіцієнт заповнення жолобка який залежить від ряду факторів (форми і розміри насіння, профіль жолобка котушки та ін.) і отримаємо:

$$V_{жк} = \left( \left( b - h \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) h + \frac{r^2}{2} \left( \frac{\pi}{180} \psi - \sin \psi \right) \right) \frac{2l_k}{\sin 2\beta}. \quad (2.39)$$

$$V_{жк} = \xi \left( \left( b - h \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) h + \frac{r^2}{2} \left( \frac{\pi}{180} \psi - \sin \psi \right) \right) \frac{2l_k}{\sin 2\beta} + \pi \cdot D_k \cdot C_{np}. \quad (2.40)$$

Розрахункове значення робочого об'єму визначається:

- агротехнічними вимогами (нормою висіву  $Q$ , кг/га);

- вибраним посівним агрегатом (шириною міжрядь -  $b$ , передаточним відношенням механізму передач -  $i$ );
- способом сівби.

За один оберт катушки сівалка повинна висіяти [15]:

$$q = \frac{Q \cdot b \cdot \pi \cdot D_{II}}{10000 \cdot i \cdot (1 - \varepsilon)}, \text{ кг / об,} \quad (2.41)$$

де  $Q$  - норма висіву насіння, кг/га;

$b$  - ширина міжряддя сівалки, м;

$D_{II}$  - діаметр приводного колеса сівалки, м;

$i$  - передаточне відношення механізму передач;

$\varepsilon$  - коефіцієнт пробуксовування приводних коліс (0,05-0,1), або в об'ємному еквіваленті, при об'ємній вазі насіння -  $\gamma$ , кг/м.

$$V_0 = \frac{Q \cdot b \cdot \pi \cdot D_{II}}{10000 \cdot i \cdot \gamma \cdot (1 - \varepsilon)}, \text{ м}^3 / \text{об.} \quad (2.42)$$

Знаючи, що  $N = V_0 \cdot \gamma / \delta$ , де  $\gamma$  - об'ємна вага насіння, кг/м<sup>3</sup>, а  $\delta$  - вага 1000 насінин, кг, визначимо кількість насіння, що висівається за один оберт катушки:

$$N = \frac{\left[ \left( b - h \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) h + \frac{r^2}{2} \left( \frac{\pi}{180} \psi - \sin \psi \right) \cdot \frac{2l_{\kappa} \xi}{\sin 2\beta} + \pi \cdot D_{\kappa} \cdot C_{np} \cdot l_{\kappa} \right] \cdot \gamma}{\delta} - kn, \quad (2.43)$$

Але при сівбі в роботу висівного апарату втручаються динамічні сили, такі як  $k_n$  - швидкісний коефіцієнт і частота обертання катушки -  $n$ , тому формула 2.43 набирає остаточного вигляду:

$$N = \frac{\left[ \left( b - h \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \right) h + \frac{r^2}{2} \left( \frac{\pi}{180} \psi - \sin \psi \right) \cdot \frac{2l_{\kappa} \xi}{\sin 2\beta} + \pi \cdot D_{\kappa} \cdot C_{np} \cdot l_{\kappa} \right] \cdot \gamma}{\delta} - k_n n, \quad (2.44)$$

де  $k_n$  - швидкісний коефіцієнт, показує зміна числа висівного насіння від частоти обертання, шт·с;

$n$  - частота обертання катушки, с<sup>-1</sup>.

По цій формулі побудовані графіки залежності висівної здатності від технологічних і конструктивних параметрів катушкового гвинтового висівного

апарату рисунки 2.7- 2.9.

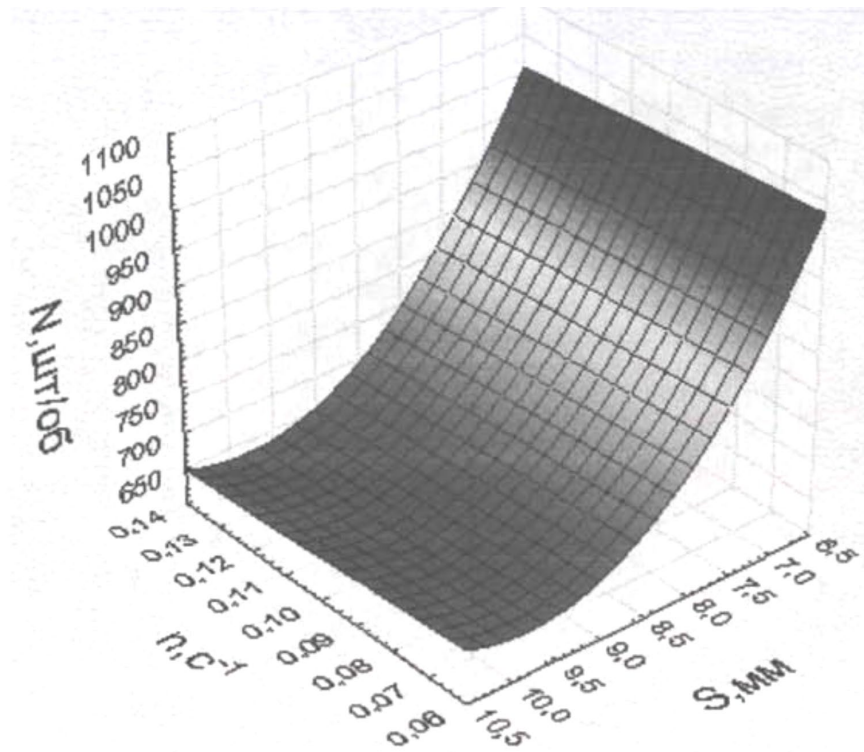


Рис. 2.7. Залежність висівної здатності  $N = f(n, S)$ , %;  $H = 3$  мм.

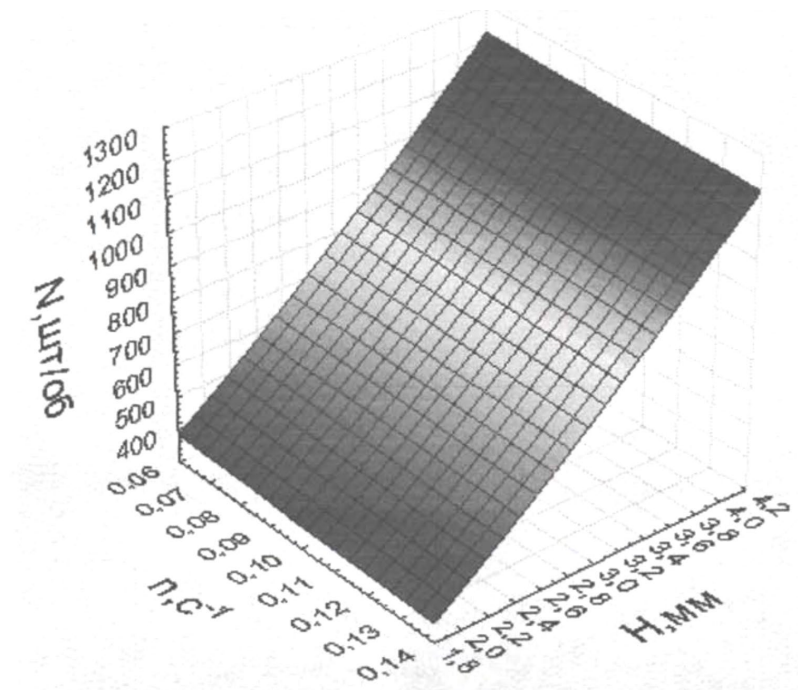


Рис. 2.8. Залежність висівної здатності  $N = f(n, H)$ , %;  $S = 8$  мм.

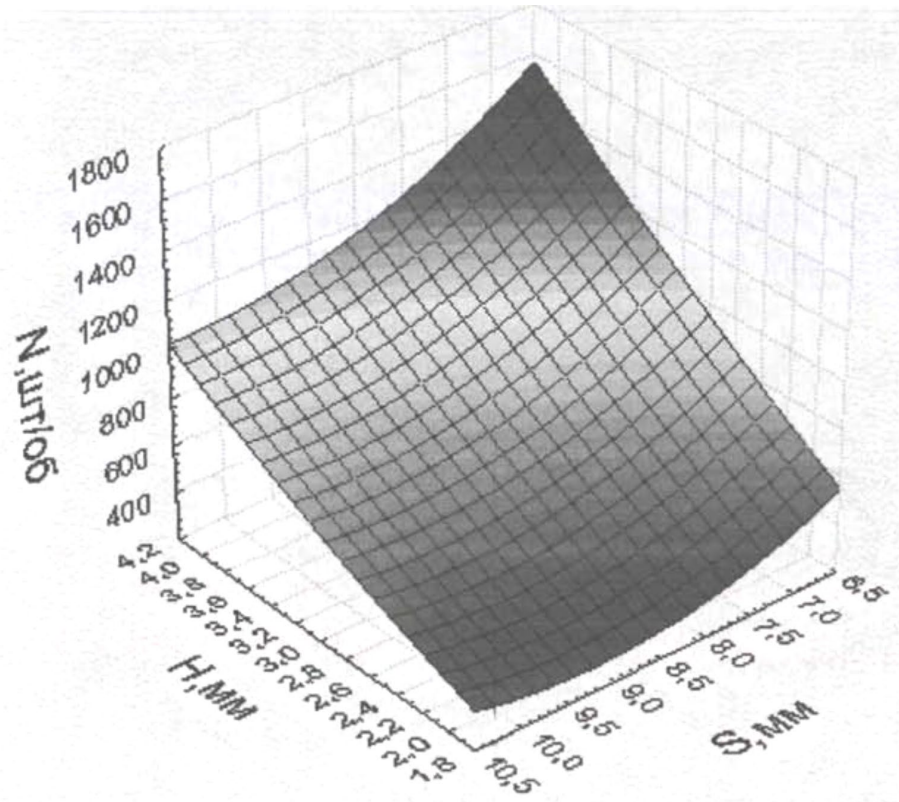


Рис. 2.9. Залежність висівної здатності  $N = f(S, H)$ , %;  $n = 0,10 \text{ с}^{-1}$ .

Висівному апарату при встановленні на сівалку СЗП-3,6 за один оберт необхідно висіяти 833 шт. насінин ріпаку при нормі висіву 3,0 млн. шт./га насінин, звідси випливає, що цю умову задовольняють параметри: глибина жолобка  $H = 4$  мм, крок гвинтової лінії  $S = 8$  мм при частоті обертання котушки  $n = 0,07 - 0,13 \text{ с}^{-1}$ . При цих параметрах забезпечується висів 800 - 1200 шт. насінин, що дозволяє як збільшувати, так і зменшувати норму висіву.

### 2.3. Обґрунтування конструктивних параметрів котушкового гвинтового висівного апарату

Для безперервної і якісної роботи необхідно визначити основні параметри котушкового гвинтового висівного апарату.

#### 2.3.1. Обґрунтування конструктивних параметрів планки котушкового гвинтового висівного апарату.

Для запобігання проникненню насіння дрібнонасінних культур через

проміжок між висівним апаратом і кромкою коробки, а також вирівнювання рівня насіння в коробці необхідно встановлювати планку. Параметрами планки є кут обхвату котушки гвинтового висівного апарату -  $\alpha$  і радіус викривлення планки в зоні обхвату -  $r_l$  (рис. 2.11).

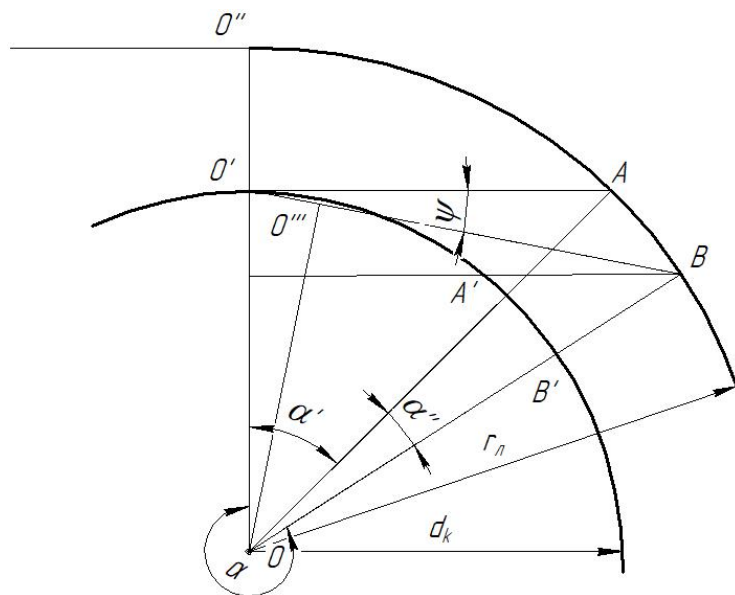


Рис. 2.11. Геометричні параметри планки висівного апарату.

Щоб виключити заклинювання насіння між висівним апаратом і планкою необхідно дотриматися умови:

$$r_l - \frac{D_k}{2} \geq 2d_{c\max}, \quad (2.45)$$

де  $D_k$  - діаметр котушки висівного апарату, мм;

$d_{c\max}$  - максимальний середній лінійний розмір насіння, мм.

Радіус заокруглення ложки визначається з умови:

$$r_l \geq \frac{D_k}{2} + 2d_{c\max}, \quad (2.46)$$

Визначимо кут обхвату планкою висівного апарату -  $\alpha_n$ . При цьому кутом обхвату вважаємо - кут між вертикальною прямою  $O''O'''$ , проведеною через центр висівного апарату, і прямої  $O''B$ . Кут обхвату -  $\alpha_n$  складається з суми кутів  $\alpha'$  і  $\alpha''$ .

Кут  $\alpha'$  це кут  $O''OA$ , точка  $A$  визначена з умови вібрації при висіві ( $\varphi$  - кут внутрішнього тертя насіння,  $\varphi \rightarrow 0$ ), отже нижній край клапана  $A$  необхідно розташовувати нижче верхньої точки висівного апарату.

Кут  $\alpha''$  утворений від прямої  $O'B$  похилої до горизонтальної прямої  $O'A$  на кут  $\psi$  - кут нахилу макрорельєфу в зоні використання сівалки. Отже дослідною величиною є дуга  $O''B$  з кутом  $\alpha$ . Кут  $\alpha'$  визначиться з трикутника  $OO'A$ :

$$OO' = OA \cos \alpha', \quad (2.47)$$

відповідно: 
$$\cos \alpha' = \frac{OO'}{OA}, \quad (2.48)$$

оскільки  $OO' = D_k/2$ , а  $OA = r_d = D_k/2 + 2d_{cmax}$ , то

$$\alpha' = \arccos \frac{D_k}{D_k + 4d_{cmax}}. \quad (2.49)$$

З точки  $O$  проведемо нормаль до прямої  $O'B$ , отримаємо трикутник  $OO''B$ , який подібний до трикутника  $O''OA$ , але нахилений на кут  $\psi$ , тому  $\psi = \alpha''$ , отже кут обхвату котушки планкою визначиться:

$$\alpha_{II} = \psi + \arccos \frac{D_k}{D_k + 4d_{cmax}}. \quad (2.50)$$

Ширина планки дорівнює ширині внутрішньої частини коробки висівного апарату.

2.3.2. Обґрунтування конструктивних параметрів клапана котушкового гвинтового висівного апарату.

Визначимо необхідний кут обхвату клапаном котушки гвинтового висівного апарату -  $\alpha_k$ , котрий складається з суми кутів  $\alpha$  і  $\alpha''$  (рис. 2.12). Кут  $\alpha'$  - це кут  $O''OA$ , точка  $A$  визначена з умови вібрації при висіві ( $\varphi$  - кут внутрішнього тертя насіння,  $\varphi \rightarrow 0$ ),  $O'A$  - рівень насіння в коробці висівного апарату після проходження через котушку висівного апарату, отже нижній край клапана  $A$  необхідно розташовувати вище за нижню точку висівного апарату  $O'$ .

Кут  $\alpha''$  утворений від прямої  $O'B$  похилою до горизонтальної прямої  $O'A$  на кут  $\psi$  - кут нахилу макрорельєфу в зоні використання сівалки.



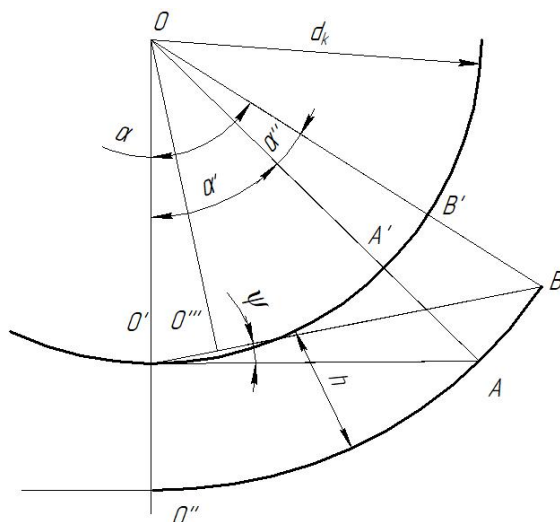


Рис. 2.12. Геометричні параметри клапана висівного апарату.

Шуканою величиною є дуга  $O''B$  з кутом  $\alpha_k$ . Кут  $\alpha'$  визначиться з трикутника  $OO'A$ :

$$OO' = OA \cos \alpha', \quad (2.51)$$

відповідно:

$$\cos \alpha' = \frac{OO'}{OA}, \quad (2.52)$$

оскільки  $OO' = D_k/2$ , а  $OA = D_k/2 + h$ , де  $h$  - відстань між клапаном і катушкою, то:

$$\alpha' = \arccos \frac{D_k}{D_k + 2h}, \quad (2.53)$$

Якщо з точки  $O$  провести нормаль до прямої  $O'B$ , отримаємо трикутник  $OO''B$ , який подібний до трикутника  $O'OA$ , але нахилений на кут  $\psi$ , тому  $\psi = \alpha'$ , відповідно кут обхвату катушки клапаном визначиться:

$$\alpha = \psi + \arccos \frac{D_k}{D_k + 2h}. \quad (2.54)$$

Ширина клапана так само як і планки рівна внутрішній ширині корпусу висівного апарату.

### 2.3.3. Обґрунтування конструктивних параметрів жолобка катушки

гвинтового висівного апарату.

Профіль жолобка катушки визначає її працездатність при сівбі, особливо дрібнонасінних культур. Раціональна форма жолобка запобігає заклинюванню насіння в жолобку. При допущенні, що насіння ріпаку представляє форму кулі, можна обґрунтувати конструктивну форму жолобка. На рисунку 2.13 представлені розміри жолобка по відношенню до розмірів насіння.

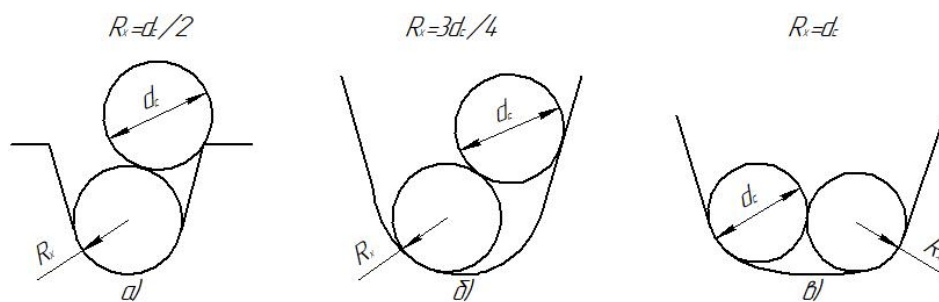


Рис. 2.13 Параметри западини жолобка катушкового гвинтового висівного апарату.

На рисунку 2.13, а радіус жолобка дорівнює половині діаметру насіння, як видно при цьому відношенні насіння заклинить в нижній частині жолобка. На рисунку 2.13, в радіус жолобка дорівнює діаметру насіння, як видно тут так само станеться заклинювання обох насінин в жолобку. Раціональним профілем жолобка є параболічний (рис. 2.13, б) з радіусом западини рівною:

$$R_{ж} = \frac{3}{4} d_c. \quad (2.55)$$

Для того, щоб виключити заклинювання насіння в жолобку необхідно визначити кут нахилу грані жолобка. На рисунку 2.14 представлена схема взаємодії насіння ріпаку з поверхнею жолобка катушки висівного апарату. При цьому на насіння діє сила  $F$  - з боку іншого насіння, сила тертя насіння по поверхні висівного апарату -  $F_{mp}$ , сила тертя між насінням -  $F_{mpв}$ . Складемо рівняння рівноваги цієї системи :

$$\begin{aligned} OX \quad F - F_{mp} \sin \alpha - N \cos \alpha &= 0, \\ OY \quad N \sin \alpha - F_{mpв} - F_{mp} \cos \alpha &= 0, \end{aligned} \quad (2.56)$$

де  $\alpha$  - кут нахилу кромки жолобка, град.;

$F_{mp} = N \cdot \operatorname{tg}\varphi_1$ ,  $\varphi_1$  - кут тертя насіння по поверхні, град.;

$F_{mpe} = F \cdot \operatorname{tg}\varphi_2$ ,  $\varphi_2$  - кут внутрішнього тертя, град.

Перепишемо формулу:

$$\text{OX } F - N \cdot \operatorname{tg}\varphi_1 \sin\alpha - N\cos\alpha = 0,$$

$$\text{OY } N\sin\alpha - F \cdot \operatorname{tg}\varphi_2 - N \cdot \operatorname{tg}\varphi \cos\alpha = 0. \quad (2.57)$$

З отриманих формул виразимо  $F$ :

$$F = N \cdot \operatorname{tg}\varphi_1 \cdot \sin\alpha + N\cos\alpha = N(\operatorname{tg}\varphi \cdot \sin\alpha + \cos\alpha); \quad (2.58)$$

$$F = \frac{N(\sin\alpha - \operatorname{tg}\varphi \cdot \cos\alpha)}{\operatorname{tg}\varphi_2}. \quad (2.59)$$

Прирівнюємо обидві частини:

$$N(\operatorname{tg}\varphi \cdot \sin\alpha + \cos\alpha) = \frac{N(\sin\alpha - \operatorname{tg}\varphi \cdot \cos\alpha)}{\operatorname{tg}\varphi_2}. \quad (2.60)$$

У рівнянні 2.60 помножимо обидві частини на  $\operatorname{tg}\varphi_2$ , скоротимо  $N$  і розділимо на  $\cos\alpha$ .

$$\operatorname{tg}\varphi_2 \cdot \operatorname{tg}\varphi \cdot \operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\varphi_2 - \operatorname{tg}\alpha + \operatorname{tg}\varphi = 0. \quad (2.61)$$

Визначимо  $\operatorname{tg}\alpha$ :

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\operatorname{tg}(\varphi + \varphi_2)}{\operatorname{tg}\varphi \cdot \operatorname{tg}\varphi_2 - 1}. \quad (2.62)$$

відповідно:

$$\alpha \geq \varphi + \varphi_2. \quad (2.63)$$

Оскільки при роботі висівного апарату відбувається рух насінневої маси і форма насіння прагне набути форму кулі, то слід кути статичного тертя замінити на кути кочення (перекидання).

$$\alpha \geq \mu + \mu_2. \quad (2.64)$$

Тим самим забезпечується ковзання насінневої маси по поверхні грані висівного апарату.

Проведемо визначення впливу кута підйому гвинтової лінії на рівномірність висіву насіння катушковим гвинтовим висівним апаратом, для цього складемо схему взаємодії насінини з гранню висівного апарату. На рисунку 2.3 приведені сили, що діють на насініну при роботі катушкового

гвинтового висівного апарату.

На насінину, що знаходиться перед гранню, по осях ХОУ діють сили:  $N$  - сила опору насінневої маси,  $F$  - сила діє на насіння з боку грані,  $F_{mp}$  - сила тертя насіння по поверхні грані.

По рівнянню складемо спрощене рівняння рівноваги по осях ХОУ:

$$\begin{cases} OX & F_{mp} - N \sin \beta = 0 \\ OY & F - N \cos \beta = 0 \end{cases} \quad (2.65)$$

Знаючи, що  $F_{mp} = F \cdot \operatorname{tg} \varphi$ , де  $\varphi$  - кут тертя насіння по поверхні матеріалу з якого виготовлений висівний апарат, отримуємо:

$$N \cdot \operatorname{tg} \varphi \cos \beta - N \sin \beta = 0. \quad (2.66)$$

Скорочуючи, отримуємо:  $\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{ctg} \beta = 0. \quad (2.67)$

Отже  $\beta$  визначиться:

$$\beta = \operatorname{arccot} \operatorname{tg} \varphi. \quad (2.68)$$

Знаючи кут тертя матеріалу по поверхні посівного апарату -  $\varphi$ , можемо визначити необхідний кут підйому гвинтової лінії проектного висівного апарату.

### **Висновки до розділу**

1. Теоретично досліджено ступінь впливу конструктивних і технологічних факторів катушкового гвинтового висівного апарату на характер руху насіння у висівній системі, рівномірність розподілу насіння вздовж рядка і висівної здатності.

2. Отримано диференціальні рівняння, котрі визначають закон руху насінини при взаємодії з гвинтовою поверхнею катушкового гвинтового висівного апарату.

3. В результаті теоретичного дослідження знайдені раціональні значення конструктивних параметрів: глибина жолобка  $H = 3 - 4$  мм, крок гвинтової лінії  $S = 7,5-9,5$  мм, частота обертання катушки  $n = 0,07-0,13$  с<sup>-1</sup>.

4. Визначено діапазони варіювання конструктивних параметрів: глибина жолобка  $H = 2...4$  мм, крок гвинтової лінії  $S = 7...10$  мм, частота обертання катушки  $n = 0,07...0,13$  с<sup>-1</sup>.

### **3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

#### **3.1. Програма досліджень**

Рівномірність подачі насінневого матеріалу висівним апаратом є одним з головних факторів, що обумовлюють зростання і розвиток рослин.

Відповідно до теоретичних передумов програма експериментальних досліджень включає наступні питання:

- а) вивчення фізико-механічних властивостей насіння ріпаку, як об'єкту висіву;
- б) проведення експериментальних досліджень в лабораторних і польових умовах по уточненню конструктивних і технологічних параметрів катушкового гвинтового висівного апарату;
- в) перевірка збіжності теоретичних і експериментальних даних;
- г) проведення порівняльних лабораторно-польових досліджень експериментального зразка сівалки порівняно з серійною;
- д) визначення експлуатаційно-економічних показників роботи експериментального зразка сівалки порівняно з серійною.

#### **3.2. Методика проведення лабораторних досліджень**

3.2.1. Методика визначення фізико-механічних властивостей насіння ріпаку.

Завданням вивчення фізико-механічних властивостей насіння є отримання експериментальних даних для обґрунтованого вибору параметрів катушкового гвинтового висівного апарату [62]. В процесі висіву насіння і при їх взаємодії з поверхнями висівного апарату форма і розміри насіння значно впливають на характер витікання їх з отвору насінневого ящика, траєкторії руху в насіннепроводі. Ці відмінності у формах і розмірах обумовлюють значну диференціацію в процесі роботи [44]. Отже, важливо знати, яким чином

впливає на якість і показники роботи висівного апарату форма і розміри насіння, тому в лабораторних умовах за допомогою електронного штангенциркуля зробимо визначення геометричних розмірів насіння ріпаку. Електронний штангенциркуль дозволяє проводити вимірювання з точністю до 0,01 мм. По двом розмірам (довжині і товщині) вимірювалися по 100 насінин, такі повтори забезпечують отримання результатів, помилка яких не перевищує 1,5%.

Для визначення коефіцієнта тертя спокою використовувався прилад, схема якого приведена на рисунку 3.1.

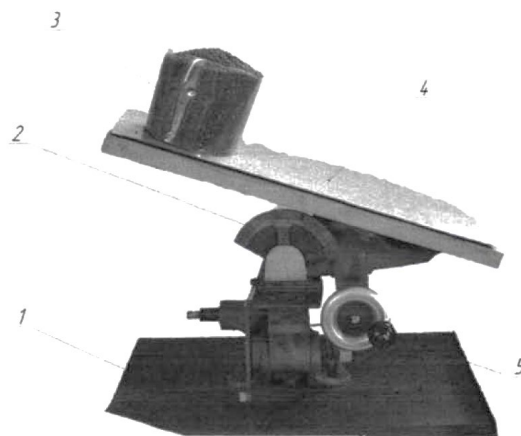


Рис. 3.1. Прилад для визначення коефіцієнтів тертя спокою насінневого матеріалу по різних підстилаючих поверхнях:

1 - станина; 2 - лімб кутоміра; 3 - рамка з досліджуваним матеріалом; 4 - підстилаюча поверхня; 5 - приводний важіль.

Методика постановки експерименту полягала в наступному. Лімб кутоміра приладу встановлювався на нульову відмітку, після цього положення площини, що має можливість плавно переміщатися, змінюючи при цьому кут нахилу, вирівнювалося по рівню в горизонтальній площині за допомогою регульовальних пластин, що підкладаються під опорний площадку приладу. Потім на верхній майданчик закріплювався зразок матеріалу, коефіцієнт тертя по якому необхідно було визначити. У нашому випадку для визначення коефіцієнта тертя спокою насіння були використані наступні матеріали: сталь листовая, ПВХ, алюміній. На зразок встановлювалася рамка, в яку засипалося насіння ріпаку, потім рамка підводилася так, щоб її нижній край не торкався

поверхні підстиляючого матеріалу і в той же час насіння не висипалося з утвореного зазору. За допомогою обертання важеля приладу кут нахилу верхньої площини, на якій встановлені зразки підстиляючого і досліджуваного матеріалів активно збільшувався. У момент початку руху рамки з насінням по похилій площині обертання важеля припинялося і знімалися показники кутoměра. Експеримент з кожним з перерахованих підстиляючих матеріалів і досліджуваних зразків для досягнення запланованої точності експерименту виконувався в п'ятикратній повторності. Така повторність проведення експерименту забезпечила отримання результатів, помилка яких в нашому випадку не перевищує 3%.

Маса насіння визначалася на вагах типу ВЛТК-500 з межею вимірів 0-500 г. і точністю  $\pm 0,002$  мг. Для кожного сорту відлічувалося по  $5 \times 1000$  шт. насіння і після зважування в 3 кратній повторності, знаходилося середнє значення.

При відносному переміщенні часток насіннєвого матеріалу виникає тертя між окремим насінням. Опір тертю в шарі прийнято оцінювати кутом природного нахилу, який визначався за допомогою приладу, у вигляді прямокутної ємкості, рисунок 3.2 виготовленої з органічного скла з розмірами  $300 \times 270 \times 200$ . У днищі ящика є проріз, що перекривається заслінкою. Ящик встановлюється горизонтально і заповнюється насінням, потім висувається заслінка і матеріал висипається через проріз на горизонтальну поверхню, утворюючи конус з кутом природного нахилу.

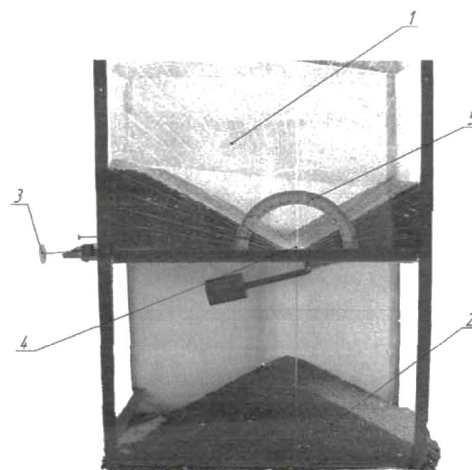


Рис. 3.2. Прилад для визначення кутів природного нахилу:

1 - бункер; 2 - досліджуваний матеріал; 3 - гвинт регулювання ширини зазору; 4 - регульований зазор; 5 - кутомір.

Величина кутів природного нахилу вимірювалася кутоміром з точністю  $\pm 0,5^\circ$ . Вимірювання кутів виконувалося згідно з схемою представленою на рисунку 3.3.

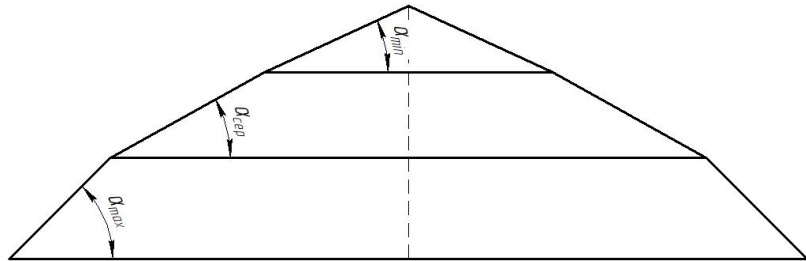


Рис. 3.3. Схема утворення кутів природного нахилу насіння.

Повторність експериментів приймалася п'ятикратною, середнє значення кутів природного нахилу обчислювалося як середнє арифметичне. Коефіцієнт внутрішнього тертя між поверхнями окремого насіння в його сукупності визначався як тангенс кута природного нахилу.

### 3.2.2. Методика проведення експерименту.

Для з'ясування переваг одного експериментального катушкового гвинтового висівного апарату над іншими, з точки зору рівномірності подачі посівного матеріалу, або об'єктивного порівняння якості розосередження насіння аналогічними машинами необхідно застосовувати єдину методику. Вона повинна забезпечувати отримання результатів максимально достовірних і даючих вичерпну інформацію, що дозволяє зробити обґрунтований висновок про перевагу використання того або іншого висівного апарату за критерієм рівномірності розподілу з мінімумом витрат часу і засобів на його визначення. Методика проведення експерименту ґрунтувалася на ОСТ 70.5.1-2000 «Машини посівні. Програма і методи випробувань» з використанням інших загальноприйнятих методик [21, 51].

Проведемо якісну оцінку висівного апарату, для цього визначимо:



1. Нестійкість висіву (рівномірність розподілу насіння вздовж рядка).
2. Висівну здатність.
3. Подрібнення і мікроушкодження (травмування) насіння.

Залучення методів багатофакторного планування обумовлене тим, що дозволяє скоротити час на проведення, але й дає можливість глибокого і повного аналізу описуваного процесу.

Шляхом застосування планованого експерименту передбачено отримати модель [42]:

$$\gamma = b_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} b_i x_i + \sum_{1 \leq i \leq j \leq k} b_{ij} x_i x_j + \sum_{1 \leq i \leq k} b_{ii} x_i^2. \quad (3.1)$$

В якості критерію оптимізації на цьому етапі експериментальних досліджень прийнята рівномірність розподілу насіння по довжині рядка, критерії висівної здатності і травмування насіння прийняті як перевірочні.

Аналіз апріорної інформації і проведені теоретичні дослідження дають основу вважати, що основними факторами, що впливають на технологічні і якісні показники роботи експериментального катушкового гвинтового висівного апарату являються: глибина жолобка -  $H$ , кут підйому (крок) гвинтової лінії -  $S$  і частота обертання катушки -  $n$ .

Для опису закономірностей розподілу насіння уздовж рядка, кількості висівного насіння і його травмування проводився планований експеримент, за допомогою якого з'являється можливість виявити вплив даних трьох факторів.

У восьмому стовпці цієї таблиці дані результати експериментів  $\bar{Y}_u$ . Їх розбиваємо на дев'ять груп по три значення в кожній. Після цього проводимо наступні розрахунки:

- для кожної групи підраховуємо суму усіх трьох значень  $\bar{Y}_u$ , і записуємо в наступний стовпчик (дев'ятий стовпчик в таблиці 3.1);

- розраховуємо різниці між третім і першим значенням в кожній групі. Отримані числа записуємо в той же дев'ятий стовпчик безпосередньо за дев'ятьма сумами, розрахованими відповідно до першого пункту.

- для кожної групи розраховуємо квадратичні ефекти  $Y_1-2Y_2+Y_3$ , доповнюючи дев'ятий стовпчик до вісімнадцяти значень

Отриманий стовпчик знову розбиваємо на дев'ять груп по три значення і з ними проводимо ті ж операції в тому ж порядку. В результаті отримуємо десятий стовпчик.

На третьому кроці алгоритму ми отримуємо (одинадцятий стовпчик) 27 чисел, з яких перше, представляє суму усіх початкових значень, а інші 26 чисел - контрасти, що відповідають 26 ефектам, що визначаються по цьому плану. Для визначення значимих ефектів проводиться перевірка коефіцієнтів рівняння регресії на їх статистичну значущість. Довірчий інтервал розраховується по формулі [20]:

$$b_i = t_{\alpha} f_i \cdot S_{b_i}, \quad (3.2)$$

де  $t$  - критерій Стюдента, приймається з таблиць [24] в залежності від рівня значущості і числа ступенів свободи  $f_i$ ;

$S_{b_i}$  - середньоквадратична похибка у визначенні коефіцієнтів регресії.

Дисперсія оцінок коефіцієнтів розраховується по формулі:

$$S_{b_i}^2 = \frac{S_y^2}{n \sum_{u=1}^N x_{iu}^2}. \quad (3.3)$$

Коефіцієнт вважається статистично значимим, коли його абсолютна величина більше довірчого інтервалу або дорівнює йому:

$$|b_i| \geq \Delta b_i. \quad (3.4)$$

При ортогональному плануванні статистично не значимі коефіцієнти з моделі можуть бути виключення при цьому перерахунок інших коефіцієнтів не вимагається.

Число повторень кожного експерименту при проведенні планованого експерименту розраховується по формулі для вірогідності 0,95 [30]:

$$n = \frac{S_y^2}{0,05\tau^2}, \quad (3.4)$$

де  $S_y$  - середньоквадратичне відхилення;

$\tau$  - величина, що становить для даного випадку 5% від  $y$ ;

$y$  - середнє арифметичне.

У таблиці 3.1 приведені рівні варіювання і інтервали основних факторів.

Таблиця 3.1. План багатofакторного експерименту

Рівні варіювання факторів	Фактори			Фактори в кодованому вигляді		
	Глибина жолобка, мм	Кут підйому, /крок гвинтової лінії/,мм	Частота обертання котушки, $n^{-1}$ , $c^{-1}$	$X_1$	$X_2$	$X_3$
Верхній	4	3,5/10	0,13	+1	+1	+1
Нижній	2	2,5/7	0,07	-1	-1	-1
Основний	3	3/8,5	0,1	0	0	0
Інтервал варіювання	1	0,5/1,5	0,03	1	1	1

Для кожного експерименту розраховується дисперсія:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{g=1}^n (y_{ug} - \bar{y}_u)^2}{(n-1)}, \quad (3.6)$$

де  $y_{ug}$  - результат  $g$ -ї повторності;

$y_u$  - середнє арифметичне  $i$ -ї повторності.

Проводиться перевірка на однорідність ряду дисперсій за критерієм Кохрена. Для цього визначається величина [46]:

$$G^{розр} = \frac{S_{y_{\max}}^2}{\sum_{u=1}^N S_{y_u}^2}, \quad (3.7)$$

де  $S_{y_{\max}}^2$  - найбільша в ряду дисперсія.

Величину  $G^{розр}$  порівнюють зі значенням критерію Кохрена, взятим з таблиці в залежності від рівня значущості, числа ступенів свободи  $f = n - 1$  і

числа експериментів. Ряд дисперсій вважається однорідним, якщо  $G^{розр} < G^{табл}$ .

Дисперсія відтворюваності розраховується по формулі:

$$S_y^2 = \frac{\sum_{u=1}^N S_{y_u}^2}{N}, \quad (3.8)$$

де  $N$  - число експериментів.

Перевірку отриманої моделі на адекватність виконують за допомогою критерію Фішера. Його розрахункове значення визначають по формулі:

$$F_{f_1; f_2}^{розр} = \frac{S_{неад}^2}{S_y^2}, \quad (3.9)$$

де  $f_2$  - знаменник, котрий визначається як:

$$f_2 = N - k', \quad (3.10)$$

де:  $k'$  - число залишених коефіцієнтів рівняння (включаючи  $b_0$ );

$N$  - число експериментів плану;

$f_1$  - чисельник, котрий визначається як:

$$f_1 = N(n - 1), \quad (3.11)$$

$n$  - число повторень кожного експерименту;

$S_{неад}^2$  - дисперсія неадекватності, що розраховується по формулі:

$$S_{неад}^2 = \frac{SS_{неад}}{f_2}, \quad (3.12)$$

$$SS_{неад} = n \sum_{u=1}^N \left( y_{u,розр} - \bar{y}_{u,експ} \right)^2, \quad (3.13)$$

де  $y_{u,розр}$  і  $y_{u,експ}$  - значення відгуку в  $u$ -му експерименті, відповідно розраховане по рівнянню регресії і визначене експериментально.

Гіпотезу про адекватність рівняння приймають у тому випадку, коли розраховане значення критерію Фішера не перевищує табличного для вибраного рівня значущості, тобто, коли  $F^{розр} < F^{табл}$ .

Перевірка отриманої лінійної моделі на адекватність здійснюється за критерієм Фішера по формулах: (3.9) (3.12) (3.13).

Використовуючи отримане рівняння, будуюмо поверхні відгуків і за характером отриманих поверхонь оцінюємо вплив факторів на технологічний процес висіву, висівну здатність і травмування посівного матеріалу. Оптимальні конструктивні і технологічні параметри вибираємо графічним методом.

3.2.3. Методика визначення рівномірності розподілу насіння ріпаку уздовж рядка.

Для проведення експериментальних досліджень в лабораторних умовах по вивченню процесу висіву насіння ріпаку був використаний стенд, що імітує процес сівби насіння сільськогосподарських культур. Загальний вигляд стенду приведений на рисунку 3.5. Стенд дозволяє робити висів насіння з подальшою фіксацією на липкій стрічці, при швидкостях руху агрегату: 1,45; 1,95; 2,45 м/с (5; 7; 9 км/год) [38]. На цьому стенді проведені комплексні дослідження технологічного процесу висіву насіння ріпаку катушковим гвинтовим висівним апаратом.

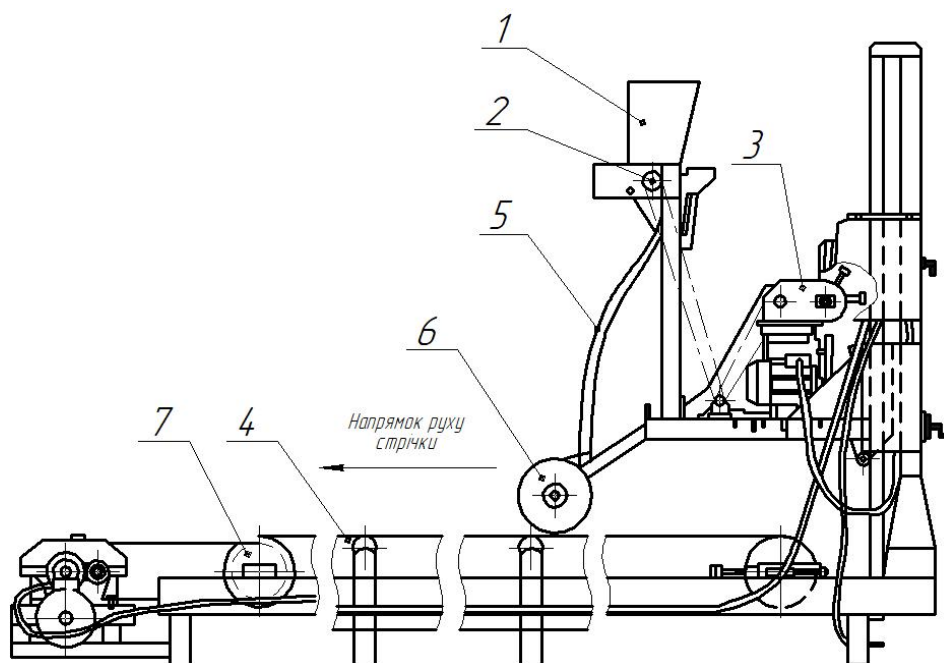


Рисунок. 3.5. Схема імітаційного стенду для вивчення процесу рівномірності розміщення рослин уздовж рядка:

1 - бункер для насіння; 2 - експериментальний висівний апарат; 3 - регулятор частоти обертання катушки висівного апарату; 4 - транспортерна

стрічка з липким шаром; 5 - насіннепровід; 6 - сошник; 7 - шків.

Методика проведення експерименту наступна:

1. Бункер для насіння заповнюється насінням ріпаку.
2. Включається привід висівного апарату. Після 4-5 обертів котушки відбувається заповнення жолобків і стабілізація процесу висіву насіння.
3. Включається привід транспортера, і після 2-3 повних обертів стрічки транспортера переходимо до наступного пункту.
4. Насіння висівається на липку стрічку.
5. Вимикається привід висівного апарату і транспортера.
6. Виконується зйомка розподіленого насіння на електронний фотоапарат.

Для подальшого аналізу на ЕОМ.

Експеримент проводимо в п'ятикратній повторності. Далі замінюємо висівний апарат наступним і проводимо експеримент по вказаній послідовності. Швидкості стрічки при експерименті: 1,45; 1,95; 2,45 м/с (5; 7; 9 км/год).

Дані усіх експериментів, вимірювань і експериментів ретельно фіксуються і використовуються для визначення середньоквадратичного відхилення і коефіцієнта варіації, що характеризують нерівномірність розподілу насіння, а також для складання імітаційної моделі процесу розподілу посівного матеріалу.

Математична суть записується показником нерівномірності розподілу насіння в рядках формулою [49]:

$$P = [X_{cp} / (X_{cp} + t_p)]B, \quad (3.14)$$

де  $P \leq 1$  - показник рівномірності розподілу;

$X_{cp}$  - середнє арифметичне ряду вимірювань;

$i$  - коефіцієнт Стьюдента;

$p$  - помилка середньої арифметичної вибірки;

$v$  - схожість насіння.

Рівномірність розподілу рослин вважається тим вище, чим  $P$  ближче до одиниці. Показник рівномірності  $P$  в ідеальному випадку (при  $p = 0$ ) рівне 1. Розрахунок статистичних параметрів ведуть по залежностях:

$$X_{cp} = \Sigma X_i / N, \quad (3.15)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (X_{cp} - X_i)^2}{(N-1)}}, \quad (3.16)$$

$$p = \sigma / \sqrt{N}, \quad (3.17)$$

$$V = \sigma / X_{cp}, \quad (3.18)$$

$$t = (X_{cp1} - X_{i2}) / \sqrt{p_1^2 + p_2^2}, \quad (3.19)$$

де  $X_i$  - дослідне значення вимірювання вибірки;

$N$  - число вимірювань вибірки;

$\sigma$  - середнє квадратичне відхилення;

$V$  - коефіцієнт варіації;

$X_{cp1}, X_{cp2}$  - порівнювані середні арифметичні першого і другого рядів;

$p_1, p_2$  - їх помилки.

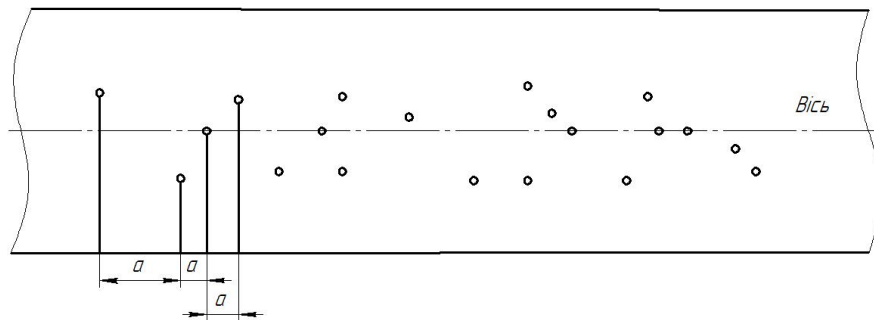


Рис. 3.6. Методика вимірювань відстаней між насінням.

Потім будемо графіки рівномірності розподілу насіння по довжині рядка.

Перевага цієї методики полягає в тому, що вона дозволяє враховувати повний комплекс факторів, що чинять вплив на процес розподілу насіння, починаючи від пульсацій видачі насіння висівним апаратом (вони знаходять відображення в нерівномірності розподілу насіння вздовж рядків) і до взаємодії насіння з усіма елементами системи: висівний апарат - насіннепровід - сошник - ґрунт.

3.2.4. Методика визначення висівної здатності катушкового гвинтового висівного апарату.

Для визначення висівної здатності катушкового гвинтового висівного апарату проводимо експеримент, на раніше описаному стенді.

Методика проведення експерименту наступна:

1. Бункер для насіння заповнюється насінням ріпаку.
2. Включається привід висівного апарату. Після 4-5 обертів котушки відбувається заповнення жолобків і стабілізація процесу висіву насіння.
3. Під насіннепровід встановлюється приймальна тара.
4. За допомогою лічильника відраховуються 10 обертів висівного апарату.
5. Вимикається привід висівного апарату.
6. Висіяне насіння зважується на вагах з точністю до 0,01 г.
7. Результати фіксуються в журнал.

Експеримент проводимо в триразовій повторності для кожної швидкості. Далі замінюємо висівний апарат наступним і проводимо експеримент по вказаній послідовності.

3.2.5. Методика визначення травмування насіння ріпаку катушковим гвинтовим висівним апаратом.

Для визначення травмування насіння ріпаку катушковим гвинтовим висівним апаратом проводимо експеримент в наступній послідовності:

1. Бункер для насіння заповнювали насінням ріпаку.
2. Включається привід висівного апарату. Після 4-5 обертів котушки відбувається заповнення жолобків і стабілізація процесу висіву насіння.
3. Під насіннепровід встановлюється приймальна тара.
4. Висівається не менше 10 г. насінневої маси.
5. Вимикається привід висівного апарату.
6. Потім маса висіяного насіння вимірюється на вагах.
7. Відбирається подрібнене насіння і з частково пошкодженою поверхнею.
8. Зважується відібране подрібнене насіння і з частково пошкодженою поверхнею;
9. Визначається масова частка ушкодження насіння висівним апаратом.

Нами була прийнята методика визначення травмування насіння шляхом перегляду їх в лупу і відбору пошкодженого.



Усі отримані результати фіксували в журнал. Експеримент повторювали в триразовій повторності для кожної швидкості обертання. Далі замінювали висівний апарат.

### 3.3. Методика проведення лабораторно-польових досліджень

На основі проведених досліджень були виготовлені експериментальні зразки катушкових гвинтових висівних апаратів, для встановлення на сівалку СЗП-3,6.

Завданням польового агротехнічного експерименту було зіставлення якості посівів серійною посівною машиною і машини, котра обладнана експериментальними висівними пристроями. Визначалися показники якості роботи експериментального і серійного висівних апаратів для з'ясування їх відповідності агротехнічним вимогам (по рівномірності розподілу рослин уздовж рядка). Схема експерименту представлена на рисунку 3.7.

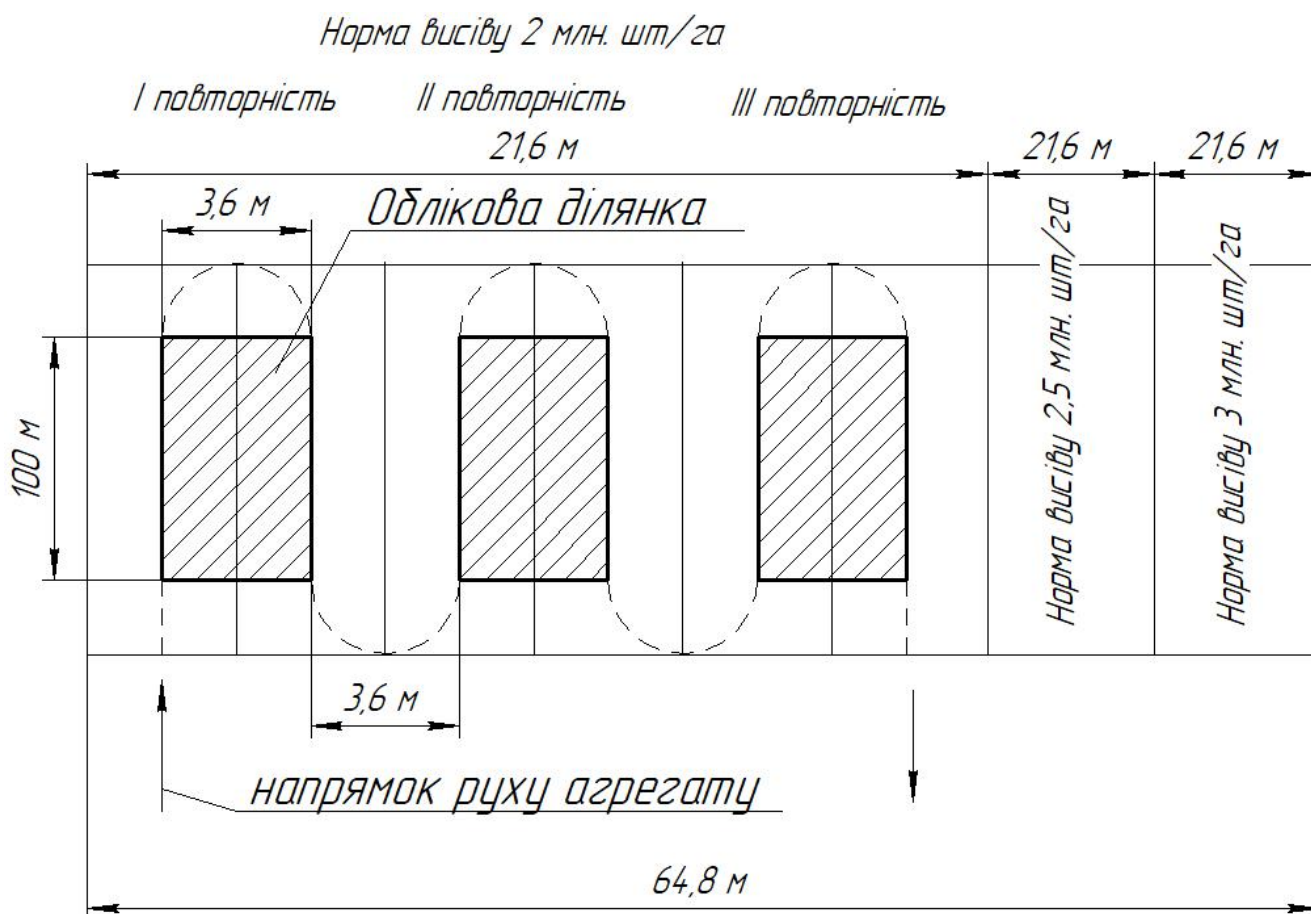


Рис. 3.7. Схема польового експерименту.

Методика проведення польового експерименту передбачала використання сівалки СЗ-3,6А в якості контрольного варіанту.

3.3.1. Методика визначення рівномірності розподілу рослин уздовж рядка.

У польовому агротехнічному експерименті рівномірність розподілу рослин уздовж рядка визначалася на основі стандартної методики [51].

Рівномірність розподілу рослин уздовж рядка визначалася по сходах. При цьому по діагоналі проходів сівалки вибиралися три ділянки (методом рандомізації), на яких проводили вимірювання відстаней між окремими рослинами наростаючим підсумком (першу рослину приймали за нуль вимірювання).

Математична обробка результатів полягає у визначенні середньої відстані між рослинами, середньоквадратичного відхилення і коефіцієнта варіації, що характеризують нерівномірність розподілу рослин. По кількості випадків у відсотках з різним числом рослин будувався графік рівномірності розподілу рослин уздовж рядка.

3.3.2. Методика визначення врожайності.

Облік урожаю виконувався вибіркоким методом, або методом рандомізації вибиралася ділянка розміром 4 м, з якою зрізувалася зелена маса ріпаку. З кожної облікової ділянки маса зважувалася відразу після збирання, при цьому робили підрахунок рослин. З кожної ділянки проводили по три вимірювання [101].

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 4.1. Лабораторні дослідження

#### 4.1.1. Фізико-механічні властивостей насіння ріпаку.

Для визначення основних параметрів робочих органів необхідно знати фізико-механічні властивості насіння і технологічний процес посіву. Характеристики насіння навіть одного і того ж сорту мінливі і залежать від гідротермічних умов і ФАР. Основними показниками якісної роботи висівного апарату є рівномірність висіву, що характеризується рівномірністю розподілу насіння уздовж рядка.

Вивчення розмірів насіння, їх геометричної форми і структури їх поверхні дозволяють визначити характер взаємодії одиничного зерна з поверхнями висівного апарату і уточнити параметри конструкції висівного апарату, які більш повно відповідають вимоги рівномірного їх висіву.

Як і будь яке фізичне тіло, насіння має три виміри: довжину, ширину і товщину. Зараз виділені основні форми насіння, що характеризуються певним відношенням лінійних розмірів [15]. Насіння ріпаку не дуже відрізняється від геометричної форми кулі, воно тільки злегка приплюснуте, тому вимірювалися два розміри - довжина і товщина. При цьому довжина - це максимальний розмір, а товщина - мінімальний. При вимірюванні насіння знаходили найбільший і найменший розмір. Проводили по 100 вимірів для кожного лінійного розміру і по 200 для кожної культури. Були узяті чотири сорти: Гіколор, Токката, Адріана, Харді. Отримані значення розмірів насіння ріпаку представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. Лінійні розміри насіння ріпаку

Сорт	Довжина, мм		Середнє значення	Товщина, мм		Середнє значення
	від	до		від	до	
Гіколор	1,84	2,68	2,16	1,26	1,84	1,72
Токката	1,62	2,36	1,97	1,29	2,04	1,63

Адріана	1,49	2,16	1,34	1,49	2,08	1,66
Харді	1,47	2,29	1,88	1,37	2,01	1,72

На рисунках 4.1 і 4.2 представлені графіки розподілу лінійних розмірів ріпаку сортів: Гіколор, Токката, Адріана, Харді.

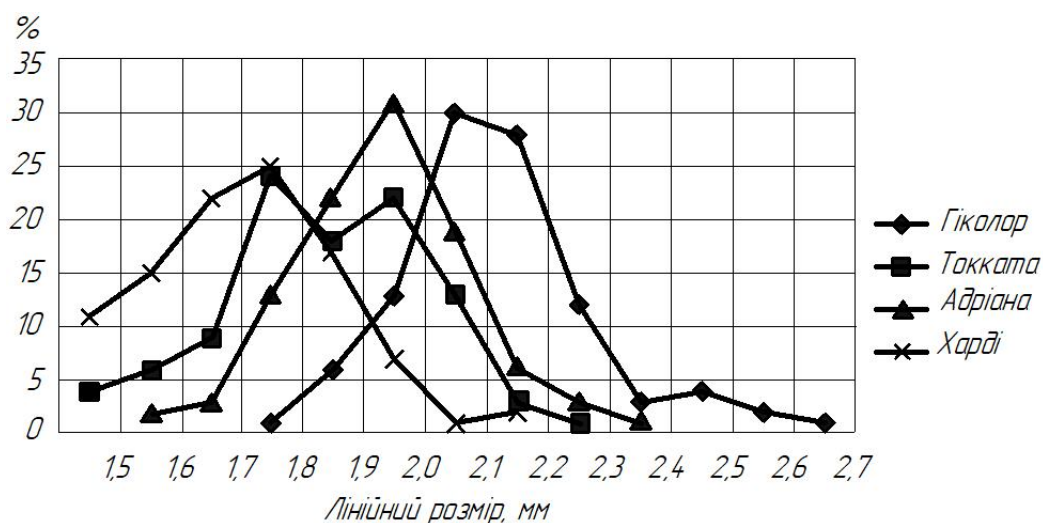


Рис. 4.1. Розподіл розмірів насіння ріпаку по довжині.

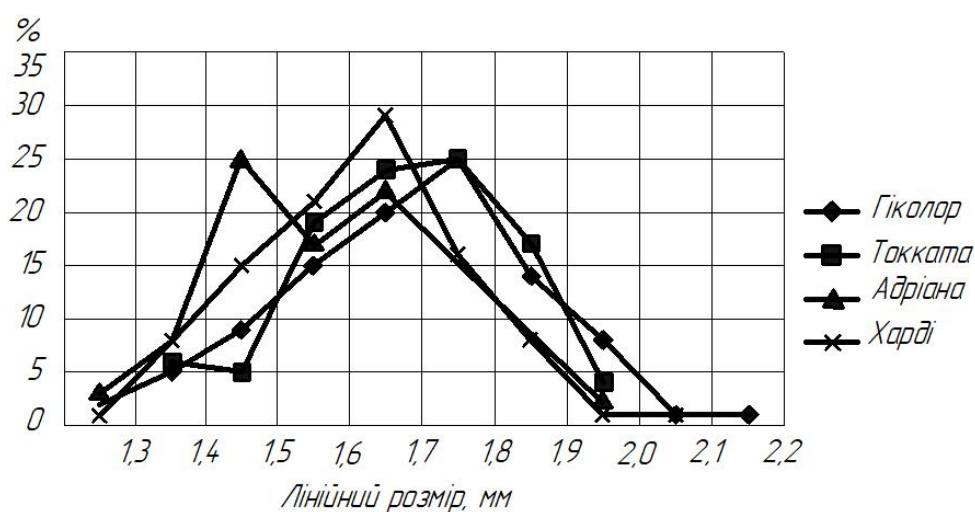


Рис.4.2. Розподіл розмірів насіння ріпаку по товщині.

Аналіз кривих показує, що характер розподілу має деякі закономірності: випадкові величини, групуються навколо центру розподілу, при віддаленні від якого вправо або вліво частоти поступово зменшуються.

Коефіцієнт внутрішнього тертя між поверхнями окремих зерен в їх сукупності, з деякими допущеннями, визначався як тангенс кута природного нахилу. Щільність укладання насіння ріпаку визначається відповідними

коефіцієнтами тертя. Результати експериментів приведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2. Значення кутів природного нахилу  $Q$  і коефіцієнтів внутрішнього тертя  $\psi$  насіння ріпаку

Сорт	Абсолютна маса 1000 насінин, г	Кут природного нахилу, $Q$	Коефіцієнт внутрішнього тертя, $\psi$
Гіколог	4,5	27°	0,51
Токката	3,8	27°	0,51
Адріана	3,1	27°	0,51
Харді	3,6	27°	0,51

Таким чином, отримані кути природного нахилу насіння для усіх сортів ріпаку знаходяться в межах 27° і, відповідно, коефіцієнт внутрішнього тертя дорівнює 0,509. Це дозволяє більш обґрунтовано підійти до визначення параметрів і вибору матеріалу для виготовлення висівного апарату. В результаті обробки експериментальних даних згідно з вибраною методикою отримані коефіцієнти статичного тертя по підстилаючих поверхнях, які представлені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Коефіцієнти статичного тертя насіння ріпаку по підстилаючих поверхнях

Сорт	Коефіцієнти статичного тертя		
	сталь листова	алюміній	ПВХ
Гіколог	0,3443	0,4040	0,1763
Токката	0,3640	0,4142	0,1763
Адріана	0,3839	0,4245	0,2126
Харді	0,3739	0,4142	0,1944

З даних таблиці видно, що відмінність у величині коефіцієнтів статичного тертя по однойменних матеріалах між сортами коливається несуттєво. Зі зміною підстилаючого матеріалу коефіцієнти статичного тертя змінюються від 0,1763 до 0,404.

Найменший коефіцієнт статичного тертя отриманий при контакті з ПВХ. На основі вищевикладеного нами зроблений висновок, що за фізико-механічними властивостями сорти ріпаку мають незначні відмінності.

#### 4.1.2. Етапи проведення експерименту.

На основі проведених теоретичних досліджень і аналізу літератури витікає, що на процес сівби чинить вплив ряд факторів, серед яких: конструктивні (висота установки насінневого бункера, конструкція, регулювання і стан висівних апаратів, матеріал і кут нахилу насіннепроводів та ін.), технологічні (рівність поверхні поля, нахил, норма висіву, швидкість руху агрегату, вологість та ін.), характеристики висівного матеріалу (фізико-механічні і аеродинамічні властивості насіння).

Експериментальні дослідження за визначенням впливу конструктивних параметрів катушкового гвинтового висівного апарату і режимів роботи висівної системи на рівномірність розподілу насіння вздовж рядка проводилися на лабораторній установці (імітаційному стенді). Методика проведення досліджень приведена в 3 розділі.

Теоретичні і експериментальні дослідження показали, що на рівномірність розподілу насіння уздовж рядка, чинить вплив велика кількість факторів.

Якщо розглядати фактори що виконують найбільший вплив на процес розподілу насіння, то можна виділити наступні:

$H$  - глибина жолобка катушки висівного апарату, мм;

$S$  - крок гвинтової лінії катушки висівного апарату, мм;

$n$  - частота обертання катушки,  $s^{-1}$ ;

$M$  - норма висіву, млн. шт./га.

Для визначення оптимальних параметрів висівної системи на стадії лабораторних досліджень застосовувалася теорія планування експерименту. З цією метою була виділена область варіювання трьох факторів: глибина жолобка катушки  $X_1$ , крок гвинтової лінії жолобка катушки  $X_2$ , частота обертання катушки  $X_3$ . У планованому експерименті приймаються до розгляду діапазони варіювання «глибина жолобка катушки»  $H = 2 \dots 4$  мм. Фактор «крок гвинтової лінії жолобка катушки» варіюємо в межах  $S = 7 \dots 10$  мм, оскільки як показали теоретичні дослідження, в цьому діапазоні спостерігаються максимуми

рівномірності розподілу. Для фактору «частота обертання котушки» вибраний діапазон варіювання  $n = 0,07...0,13 \text{ c}^{-1}$ .

Для опису залежностей рівномірності розподілу насіння прийнятий симетричний композиційний ортогональний план з трьома факторами. Цей тип плану вибраний з тієї причини, що при виконанні умови ортогональності коефіцієнти рівняння регресії розраховуються незалежно один від одного і при відбракуванні статистично незначимих перерахунок інших не потрібний. Ефект композиційності плану дозволяє спочатку отримати лінійну модель процесу, а у разі її неадекватності добудувати до складніших моделей другого порядку.

4.1.3. Процес розподілу насіння ріпаку вздовж рядка котушковим гвинтовим висівним апаратом.

На першому етапі як оптимізаційний параметр розглянута залежність рівномірності розподілу насіння вздовж рядка від вище названих факторів. В якості культури застосовувався ріпак сорту «Харді».

Перевірка на однорідність ряду дисперсій за критерієм Кохрена показала, що ряд дисперсій можна вважати однорідним, оскільки  $G^{розр}_{0,05} = 0,1615 < = G^{табл}_{0,05} = 0,1904$  [43].

Після реалізації експерименту і обробки даних за визначенням впливу параметрів висівної системи на рівномірність розподілу насіння уздовж рядка отримані дані, приведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4. Рівномірність розподілу насіння уздовж рядка в залежності від глибини жолобка  $H$ , кроку гвинтової лінії  $S$  і частоти обертання  $n$

№ дослідів	Глибина жолобка котушки, мм	Шаг гвинтової лінії, мм	Частота обертання котушки, $\text{c}^{-1}$	Рівномірність, %
1	2	3	4	5
1	2	7	0,07	66,3
2	3	7	0,07	69,2
3	4	7	0,07	70,5
4	2	8	0,07	68,5
5	3	8	0,07	73,6

№ досліджу	Глибина жолобка котушки, мм	Шаг гвинтової лінії, мм	Частота обертання котушки, с <sup>-1</sup>	Рівномірність, %
1	2	3	4	5
6	4	8	0,07	75,4
7	2	10	0,07	65,7
8	3	10	0,07	69,4
9	4	10	0,07	69,8
10	2	7	0,1	69,6
11	3	7	0,1	72,4
12	4	7	0,1	72,9
13	2	8	0,1	72,4
14	3	8	0,1	75,9
15	4	8	0,1	76,8
16	2	10	0,1	67,0
17	3	10	0,1	72,6
18	4	10	0,1	72,1
19	2	7	0,13	66,2
20	3	7	0,13	71,2
21	4	7	0,13	71,0
22	2	8	0,13	65,8
23	3	8	0,13	72,0
24	4	8	0,13	72,9
25	2	10	0,13	63,7
26	3	10	0,13	69,8
27	4	10	0,13	69,5

За даними таблиці 4.4 отримано рівняння регресії:

$$Y = 70,45 + 2,54X_1 - 0,54X_2 - 0,35X_3 - 0,67X_1^2 - 1,07X_2^2 - 0,98X_3^2 - 0,35X_2X_3 + 0,39X_2^2X_3. \quad (4.1)$$

Це рівняння містить дев'ять коефіцієнтів. Перевірка гіпотези про адекватність математичної моделі (4.1) проводилася за критерієм Фішера. За результатами перевірки модель визнана адекватною.  $F^{табл}_{0,05} = 0,1615 < = F^{розр}_{0,05} = 0,1904$

Після перекладу рівняння (4.1) з кодованого виду в натуральний



отримано рівняння (4.2):

$$Y = -31,76 + 6,56H + 18,185 + 493,69n - 105,92Sn - 0,67H^2 - 1,06S^2 - 1088,89n^2 + 5,57S^2n. \quad (4.2)$$

За цими даними побудовані поверхні відгуку - залежності рівномірності розподілу насіння уздовж рядка в залежності від глибини жолобка  $H$ , кроку гвинтової лінії  $S$  і частоти обертання котушки  $n$ . Для порівняння приведений графік рівномірності розподілу насіння вздовж рядка висівними апаратами в залежності від частоти обертання котушки, рисунок 4.3. Поверхні відгуку приведені на рисунках 4.4 - 4.12.

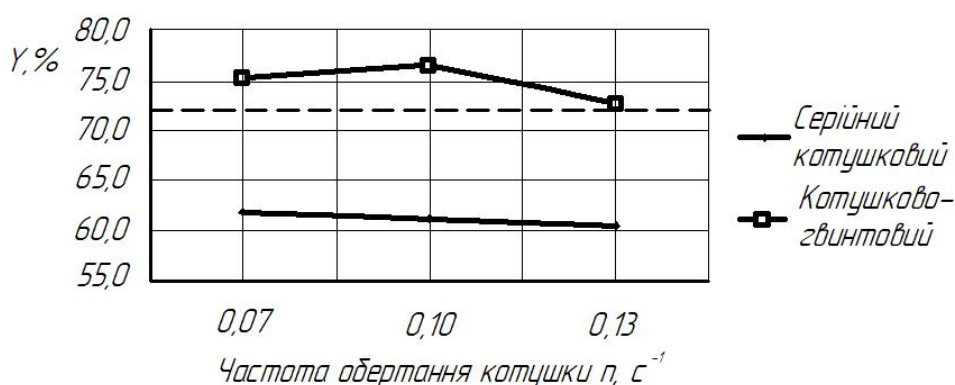


Рис. 4.3. Рівномірність розподілу насіння вздовж рядка серійним катушковим і катушковим гвинтовим ( $S = 8$  мм,  $H = 4$  мм) висівними апаратами в залежності від частоти обертання.

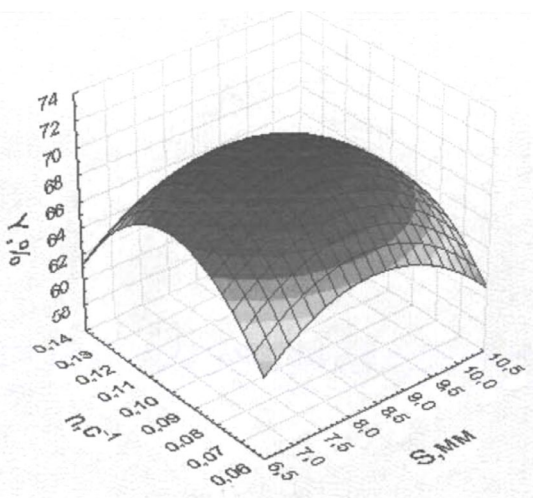


Рис. 4.4. Поверхня відгуку рівномірності розподілу  $Y = f(n, S)$ , %;  $H = 2$  мм.

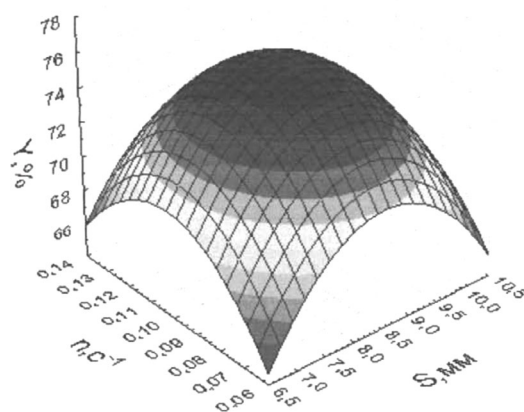


Рис. 4.5. Поверхня відгуку рівномірності розподілу  $Y = f(n, S)$ , %;

$H = 3$  мм.

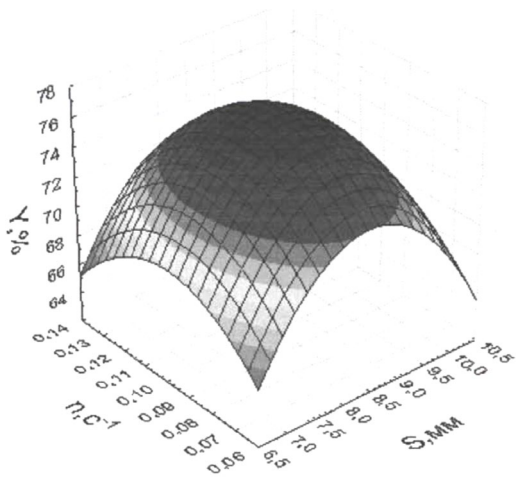


Рис. 4.6. Поверхня відгуку рівномірності розподілу  $Y = f(n, S)$ , %;  $H = 4$  мм.

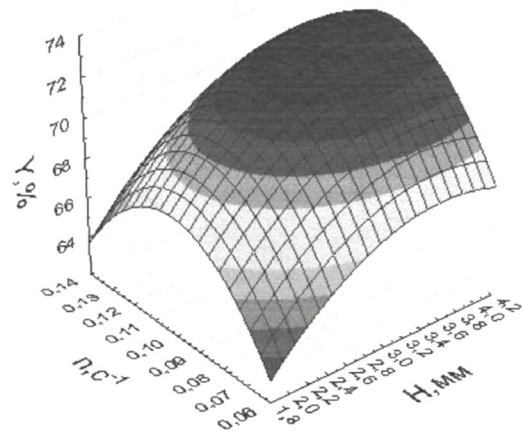


Рис. 4.7. Поверхня відгуку рівномірності розподілу  $Y = f(n, H)$ , %;  $S = 7$  мм.

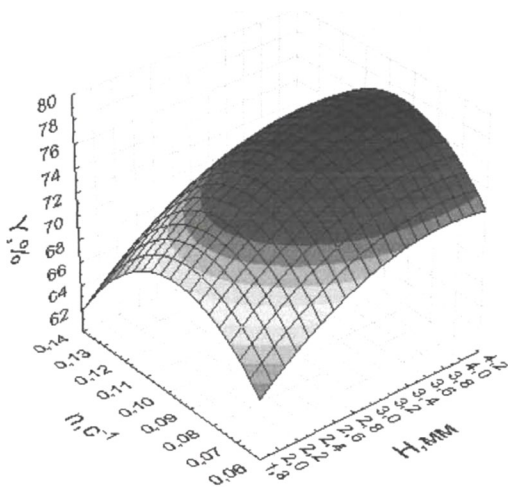


Рис. 4.8. Поверхня відгуку рівномірності розподілу  $Y = f(n, H)$ , %;  $S = 8$  мм.

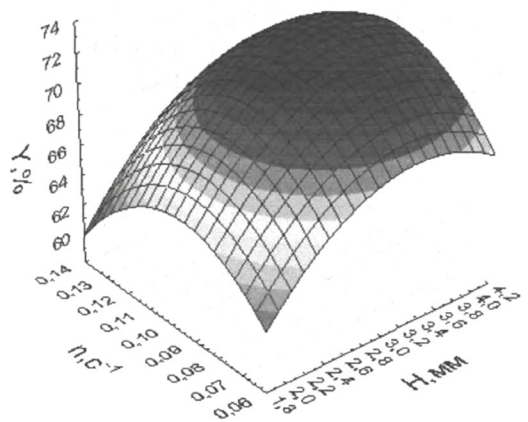


Рис. 4.9. Поверхня відгуку рівномірності розподілу  $Y = f(n, H)$ , %;  $S = 10$  мм.

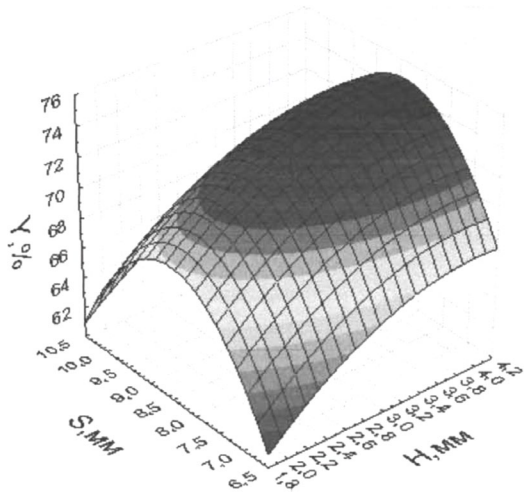


Рис. 4.10. Поверхня відгуку  
рівномірності розподілу  $Y = f(S, H)$ , %;  $n = 0,07 \text{ c}^{-1}$ .

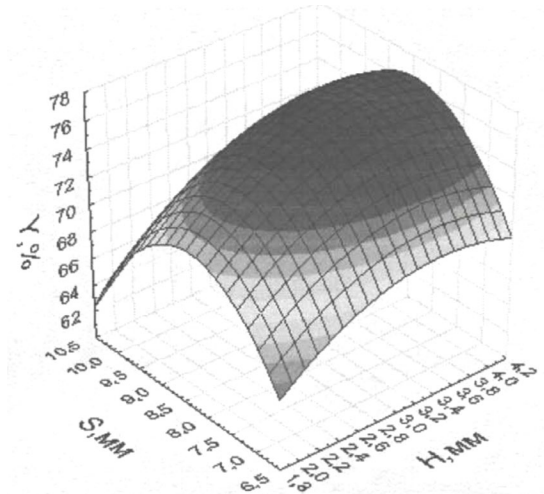


Рис. 4.11. Поверхня відгуку  
рівномірності розподілу  $Y = f(S, H)$ , %;  $n = 0,10 \text{ c}^{-1}$ .

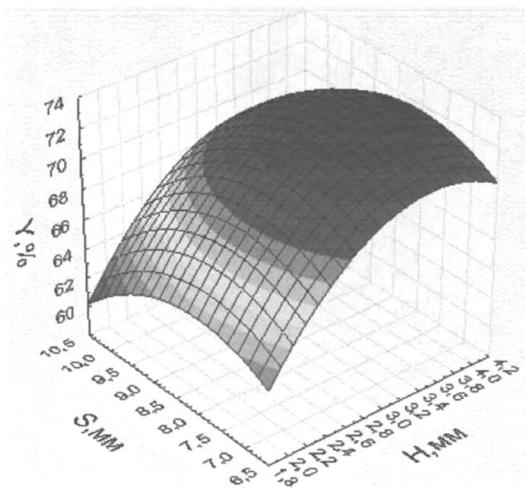


Рис. 4.12. Поверхня відгуку рівномірності розподілу  $Y = f(S, H)$ , %;  $n = 0,13 \text{ c}^{-1}$ .

При аналізі рівнянь (4.1, 4.2) і поверхонь відгуку (рис. 4.4-4.12) видно, що найбільший вплив на рівномірність розподілу насіння вздовж рядка доводять: глибина жолобка  $H$  і крок гвинтової лінії  $S$ . Найбільше значення  $Y = 76,8\%$  досягнуте при  $H = 4 \text{ мм}$ ,  $S = 8 \text{ мм}$ , частоті обертання котушки  $n = 0,1 \text{ c}^{-1}$ , найменше значення  $Y = 65,7\%$  отримане при  $H = 2 \text{ мм}$ ,  $S = 10 \text{ мм}$ , частоті обертання котушки  $n = 0,1 \text{ c}^{-1}$ . Серійний котушковий висівний апарат сильно поступається гвинтовому по рівномірності розподілу, найбільша рівномірність

$Y = 61,8\%$  отримана при частоті обертання котушки  $n = 0,07 \text{ с}^{-1}$ , а найменша  $Y = 60,0\%$  отримана при частоті обертання котушки  $n = 0,16 \text{ с}^{-1}$ .

#### 4.1.4. Висівна здатність котушкового гвинтового висівного апарату

Перевірка висівної здатності гвинтового висівного апарату потрібна для визначення впливу параметрів і режимів роботи на кількість висіяного насіння, тобто для встановлення норм висіву посівного агрегату.

Перевірка на однорідність ряду дисперсій за критерієм Кохрена показала, що ряд дисперсій можна вважати однорідними, оскільки  $G^{розр}_{0,05} = 0,1209 < = G^{табл}_{0,05} = 0,1904$ .

В ході реалізації експерименту за визначенням впливу параметрів висівної системи на висівну здатність (число насіння висіяного за один оберт котушки) отримані дані, приведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5. Кількість висіяного насіння за один оберт котушки в залежності від глибини жолобка  $H$ , кроку гвинтової лінії  $S$  і частоти обертання  $n$

№ досліду	Глибина жолобка котушки, мм	Крок гвинтової лінії, мм	Частота обертання котушки, $\text{с}^{-1}$	Висівна спроможність, шт./об
1	2	7	0,07	170,76
2	3	7	0,07	710,48
3	4	7	0,07	1173,52
4	2	8	0,07	385,24
5	3	8	0,07	766,00
6	4	8	0,07	1063,81
7	2	10	0,07	340,76
8	3	10	0,07	634,38
9	4	10	0,07	749,43
10	2	7	0,1	160,19
11	3	7	0,1	693,05
12	4	7	0,1	1120,67
13	2	8	0,1	351,33
14	3	8	0,1	762,86
15	4	8	0,1	1024,95
16	2	10	0,1	280,10
17	3	10	0,1	584,19
18	4	10	0,1	711,62

19	2	7	0,13	146,95
20	3	7	0,13	683,62
21	4	7	0,13	1085,43
22	2	8	0,13	314,29
23	3	8	0,13	744,48
24	4	8	0,13	982,76
25	2	10	0,13	237,81
26	3	10	0,13	563,81
27	4	10	0,13	663,90

За результатами таблиці 4.5 отримані рівняння регресії:

$$N = 633,57 + 343,81X_1 - 65,48X_2 - 31,74X_3 - 24,49X_1^2 - 38,53X_2^2 - 136,29X_1X_2 - 4,75X_1X_3 - 10,02X_2X_3 - 7,34X_1^2X_2 + 3,52X_1X_1 + 5,96X_1^2X_2^2 + 10,21X_1X_2X_3. \quad (4.3)$$

Це рівняння містить тринадцять коефіцієнтів. Перевірка гіпотези про адекватність математичної моделі (4.3) проводилася за критерієм Фішера. За результатами перевірки модель визнана адекватною  $F^{табл}_{0,05} = 0,1209 < F^{розр}_{0,05} = 0,1904$ .

Після перекладу рівняння (4.3) з кодованого вигляду в натуральний отримано рівняння (4.4):

$$N = -3952,44 + 1704,09H + 478,18S + 7099,85n - 269,08HS - 03,37Sn - 3121,69Hn + 226,89S^2n - 2,73H^2 - 21,8S^2 - 4,89H^2S + 1,56HS^2 + 198,67H^2n \quad (4.4)$$

За результатами розрахунків рівняння (4.4) побудовані поверхні відгуку - залежності подачі насіння в залежності від глибини жолобка  $H$ , кроку гвинтової лінії  $S$  і частоти обертання котушки  $n$ . Для порівняння приведений графік висівної здатності котушкового висівного апарату в залежності від частоти обертання котушки, рисунок 4.13.

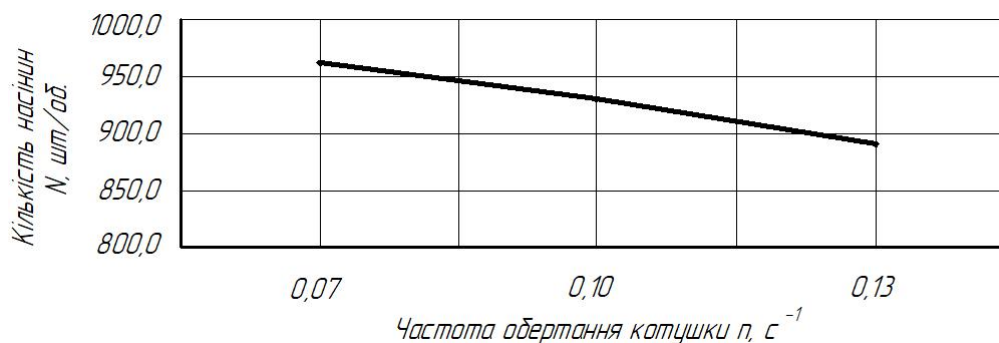


Рис. 4.13. Висівна здатність котушкового висівного апарату в залежності

від частоти обертання котушки.

Поверхні відгуку приведені на рисунках 4.14 - 4.22.

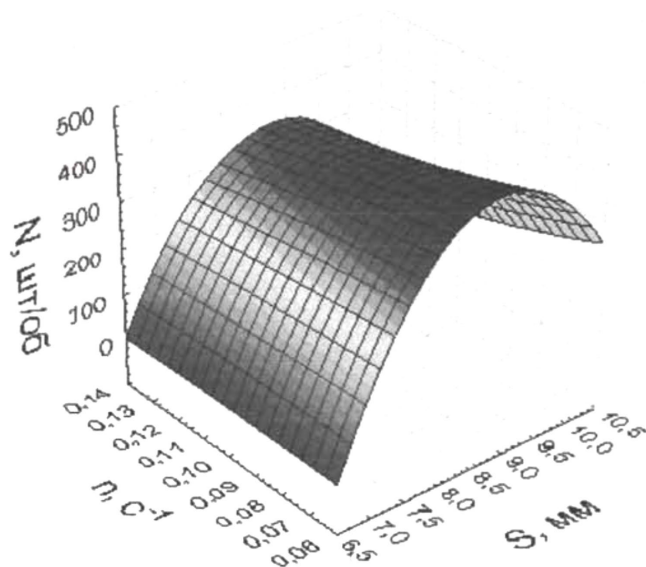


Рис. 4.14. Поверхня відгуку висівної здатності  $N = f(n, S)$ , %;  $H = 2$  мм.

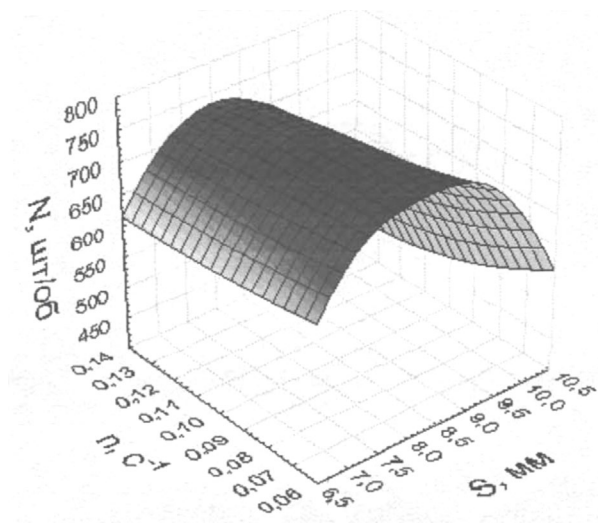


Рис. 4.15. Поверхня відгуку висівної здатності  $N = f(n, S)$ , %;  $H = 2$  мм.

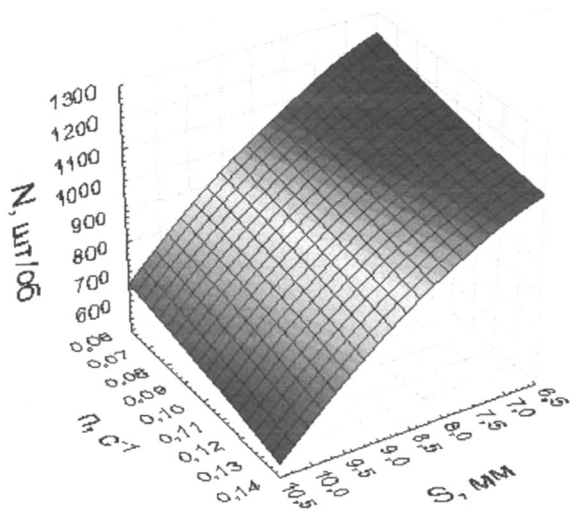


Рис. 4.16. Поверхня відгуку висівної здатності  $N = f(n, S)$ , %;  $H = 4$  мм.

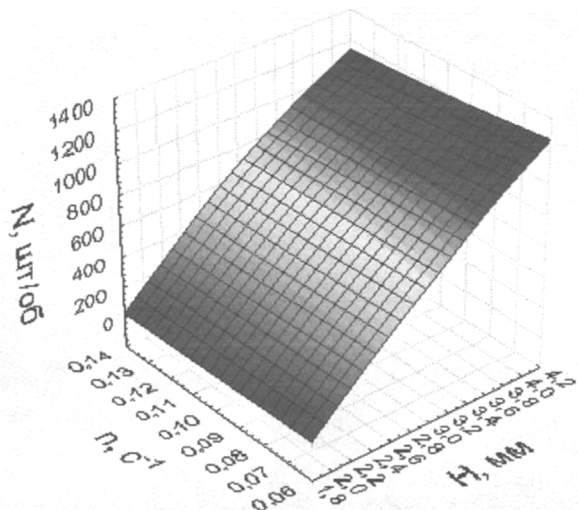


Рис. 4.18. Поверхня відгуку висівної здатності  $N = f(n, H)$  %;  $S = 8$  мм.



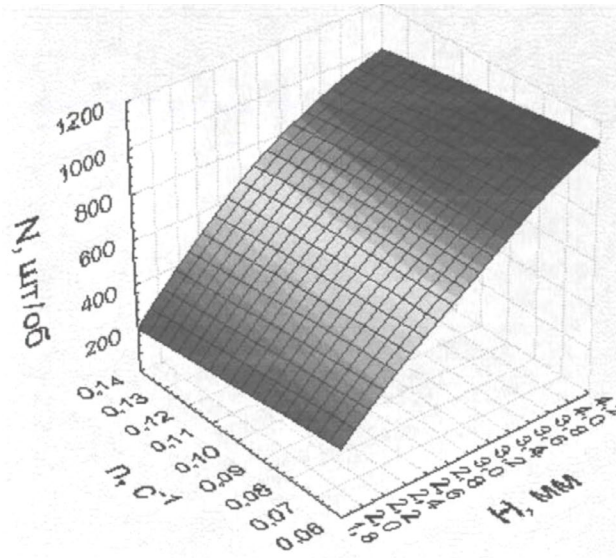


Рис. 4.17. Поверхня відгуку висівної здатності  $N = f(n, H)$  %;  $S = 7$  мм.

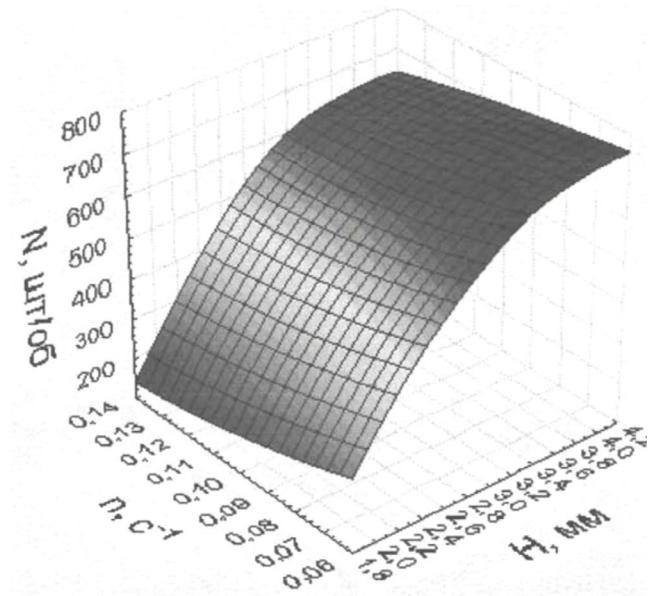


Рис. 4.19. Поверхня відгуку висівної здатності  $N = f(n, H)$ , %;  $S = 10$  мм.

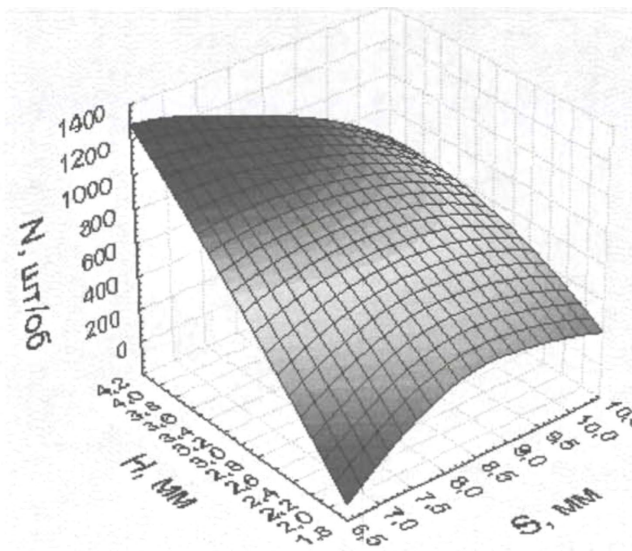


Рис. 4.20. Поверхня відгуку висівної здатності  $N = f(S, H)$ , %;  $n = 0,07$  с<sup>-1</sup>.

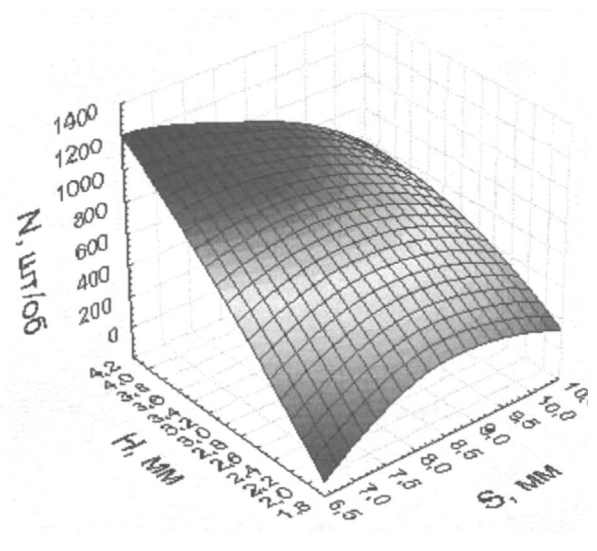


Рис. 4.21. Поверхня відгуку висівної здатності  $N = f(S, H)$ , %;  $n = 0,10$  с<sup>-1</sup>.

При аналізі рівнянь (4.3, 4.4) і поверхонь відгуку (рис. 4.14 - 4.22) видно, що найбільший вплив на висівну здатність чинять: глибина жолобка  $H$  і крок гвинтової лінії  $S$ . На висівну здатність стандартного висівного апарату частота

обертання діє оберненопропорційно, що пов'язано з проковзанням насіння по поверхні катушки.

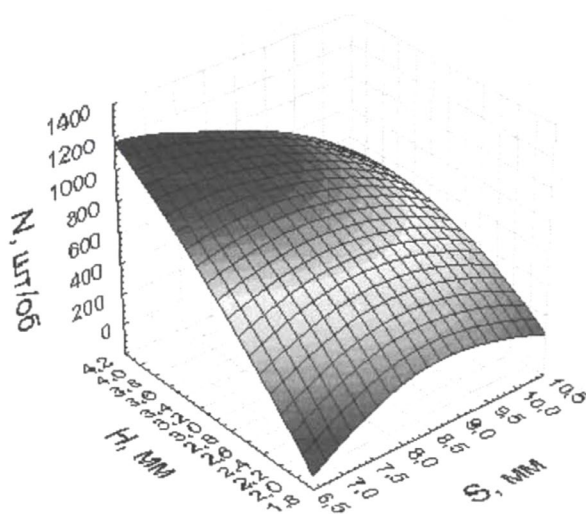


Рис. 4.22. Поверхня відгуку висівної здатності  $N = f(S, H)$ , %;  $n = 0,13 \text{ c}^{-1}$ .

Так само відбувається і з катушковим гвинтовим висівним апаратом.

4.1.5. Травмування насіння ріпаку катушковим гвинтовим висівним апаратом.

Перевірка на однорідність ряду дисперсій за критерієм Кохрена показала, що ряд дисперсій можна вважати однорідним, оскільки

На основі експерименту за визначенням впливу параметрів висівної системи на травмування насіння ріпаку отримані дані приведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6. Травмування насіння ріпаку в залежності від глибини жолобка  $H$ , кроку гвинтової лінії  $S$  і частоти обертання катушки  $n$

№ досліджу	Глибина жолобка катушки, мм	Шаг гвинтової лінії, мм	Частота обертання катушки, $\text{c}^{-1}$	Травмування, %
1	2	3	4	5
1	2	7	0,07	1,00
2	3	7	0,07	1,03
3	4	7	0,07	1,00
4	2	8	0,07	0,80
5	3	8	0,07	0,83
6	4	8	0,07	0,65
7	2	10	0,07	1,09



8	3	10	0,07	0,94
9	4	10	0,07	1,17
10	2	7	0,1	1,15
11	3	7	0,1	0,75
12	4	7	0,1	1,14
13	2	8	0,1	1,00
14	3	8	0,1	0,52
15	4	8	0,1	0,88
16	2	10	0,1	1,14
17	3	10	0,1	0,79
18	4	10	0,1	1,39
19	2	7	0,13	1,26
20	3	7	0,13	0,91
21	4	7	0,13	1,49
22	2	8	0,13	1,03
23	3	8	0,13	0,89
24	4	8	0,13	0,69
25	2	10	0,13	0,93
26	3	10	0,13	0,95
27	4	10	0,13	1,62

За результатами таблиці 4.6 отримані рівняння регресії:

$$T = 1,00 + 0,07X_3 + 0,08X_1^2 + 0,10X_2^2 + 0,07X_1X_2 + 0,07X_1X_2^2. \quad (4.5)$$

Це рівняння містить шість коефіцієнтів. Перевірка гіпотези про адекватність математичної моделі (4.5) проводилася за критерієм Фішера. За результатами перевірки модель визнана адекватною.

Після перекладу рівняння (4.5) з кодованого вигляду в натуральний отримано рівняння (4.6):

$$T = 12,2S + 1,445 + 1,38H + 2,33n - 0,48HS + 0,08H^2 - 0,05S^2 + 0,03 HS^2. \quad (4.6)$$

За результатами розрахунків рівняння (4.5) побудовані поверхні відгуку - залежності травмування насіння в залежності від глибини жолобка  $H$ , кроку гвинтової лінії  $S$  і частоти обертання котушки  $n$ .

Аналіз двовимірних перерізів поверхонь відгуку, представлених на рисунку 4.33, дозволяє зробити висновок про те, що найбільше значення рівномірності у котушкового гвинтового висівного апарату  $Y = 76,8\%$  досягнуте при глибині жолобка  $H = 4$  мм, крокові гвинтової лінії  $S = 8$  мм, найменше

значення рівномірності  $Y = 65,7\%$  отримане при  $H = 2$  мм,  $S = 10$  мм. При глибині жолобка  $H = 2-4$  мм травмування насіння  $T$  менше 1%, але висівна здатність  $N \approx 833$  шт./об обмежує нижню межу глибина  $H > 3$  мм і крок гвинтової лінії  $S > 7,5$  мм, отже раціональними параметрами катушкового гвинтового висівного апарату є: глибина жолобка  $H = 4$  мм, крок гвинтової лінії  $S = 8$  мм при частоті обертання катушки  $n = 0,07-0,13$  с<sup>-1</sup>. При цих параметрах забезпечується рівномірність розподілу  $Y$  більше 76%, травмування насіння  $T$  менше 1% і необхідна норма висіву насіння.

Тому для лабораторно-польових досліджень був вибраний висівний апарат з параметрами  $H = 4$  мм,  $S = 8$  мм.

4.1.6. Порівняння результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

Функціями будь-якого експерименту є підтвердження або спростування теорії і уточнення тих явищ, обґрунтування яких на теоретичному рівні не представляється можливим або ускладненим.

Для зіставлення отриманих результатів теоретичних і лабораторних експериментальних досліджень розглянуті залежності рівномірності розподілу насіння по довжині рядка  $Y$  і висівна здатність  $N$  гвинтового висівного апарату від одного з параметрів  $H, S, n$ .

Для порівняння розглянуті залежності рівномірності розподілу рослин уздовж рядка  $Y$  від глибини жолобка катушки  $H$ , кроку гвинтової лінії  $S$  і частоти обертання катушки  $n$  при коефіцієнті кореляції  $r = 0,9$  (рис. 4.33 - 4.38).

Розбіжності між теоретичними і експериментальними залежностями пояснюються наступними причинами: при проведенні теоретичних досліджень не враховуються фактори, які можуть чинити вплив на рівномірність і висівну здатність, такі як: відмінності фізико-механічних показників насіння однієї культури, нерівномірна швидкість руху агрегату, вібрації та ін.

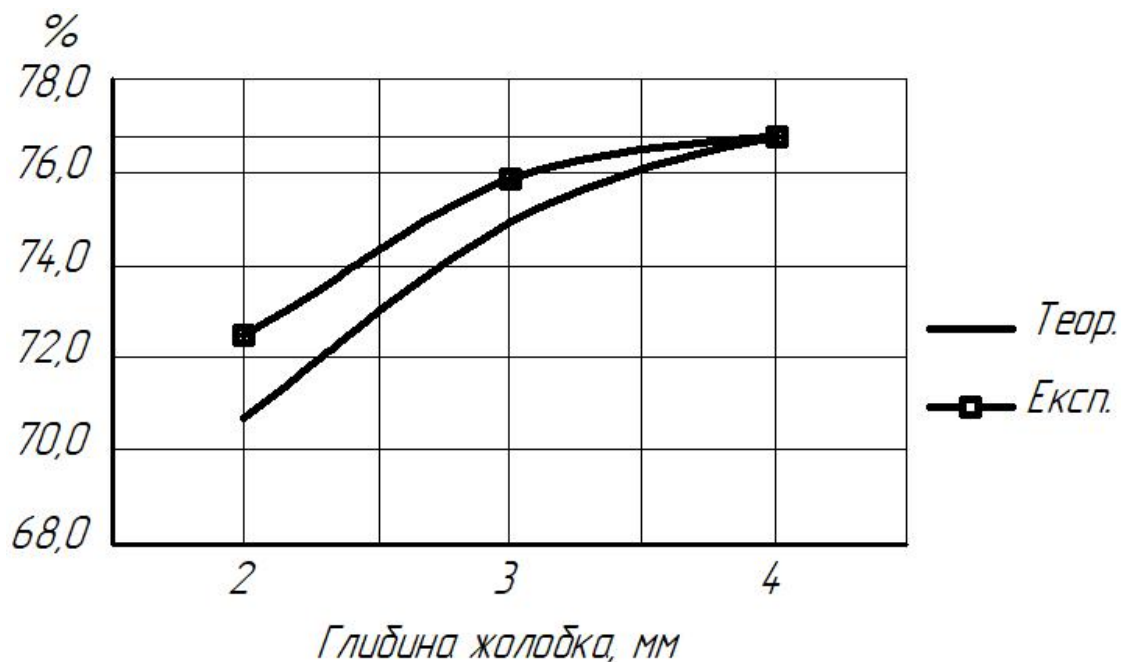


Рис. 4.33. Теоретичні і експериментальні залежності рівномірності розподілу насіння уздовж рядка від глибини жолобка  $H$ , при  $S = 8$ ,  $n = 0,1 \text{ с}^{-1}$ .

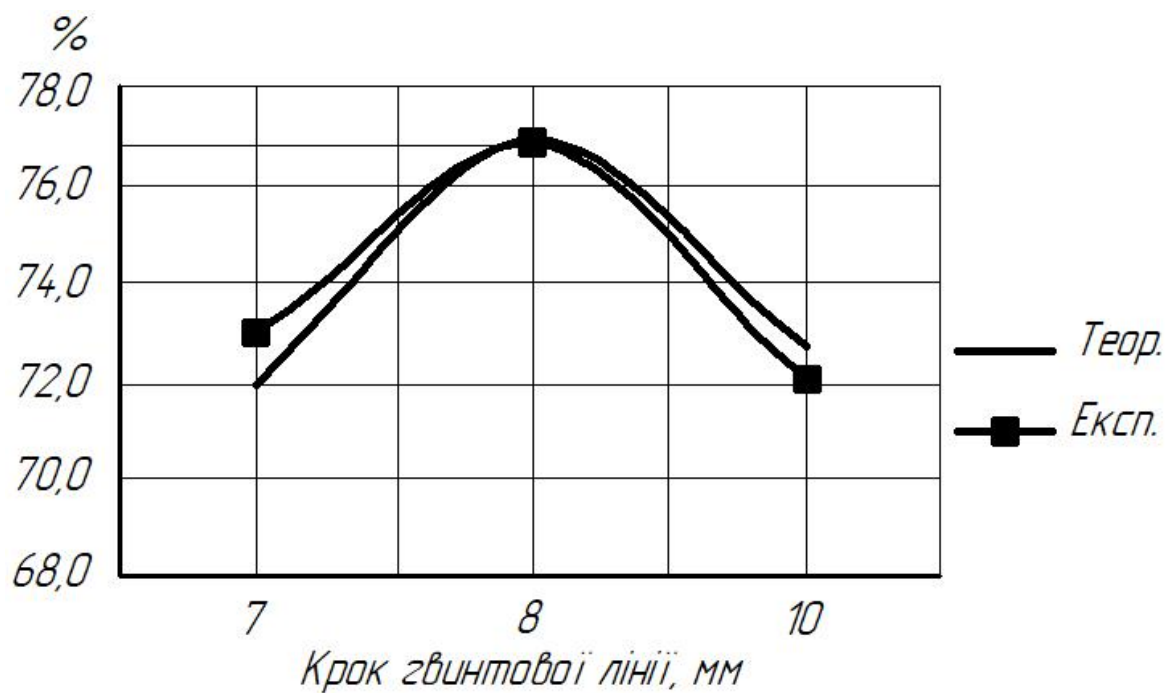


Рис. 4.34. Теоретичні і експериментальні залежності рівномірності розподілу насіння вздовж рядка від кроку гвинтової лінії  $S$ , при  $H = 4 \text{ мм}$ ,  $n = 0,1 \text{ с}^{-1}$ .

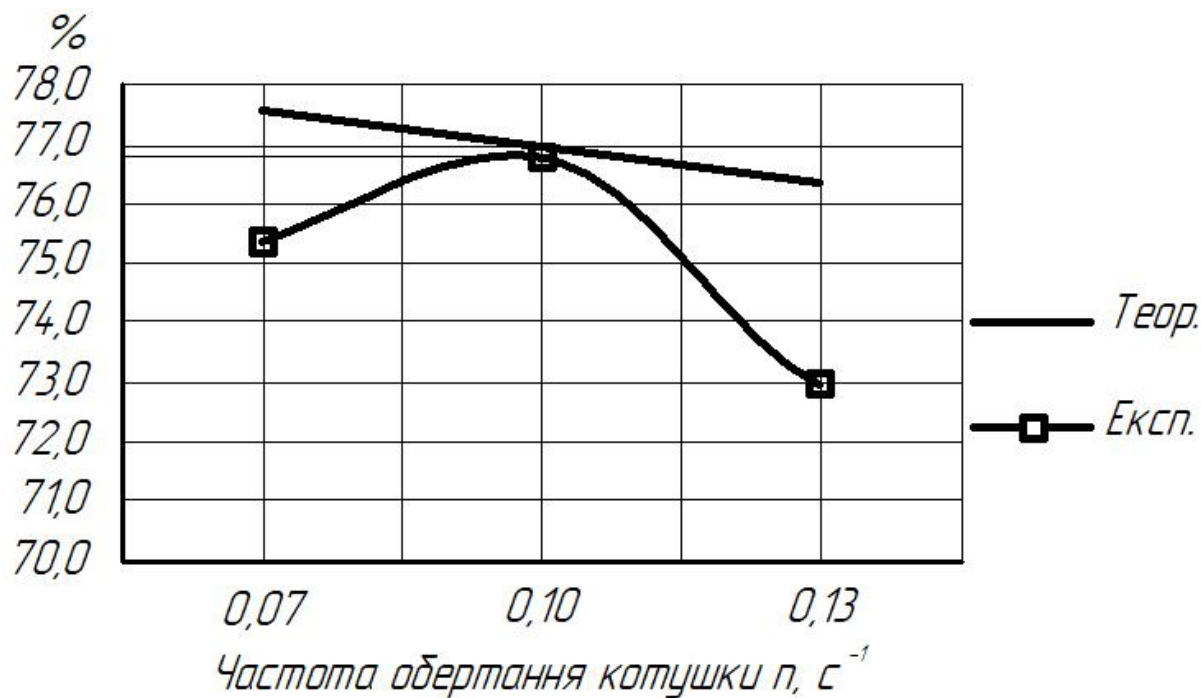


Рис. 4.35. Теоретичні і експериментальні залежності рівномірності розподілу насіння уздовж рядка від частоти обертання котушки  $n$  при  $H = 4$  мм,  $S = 8$  мм,  $n = 0,1$   $s^{-1}$ .

Залежність висівної здатності  $N$  від глибини жолобка котушки  $H$ , кроку гвинтової лінії  $S$  і частоти обертання котушки  $n$  (рис. 4.31 - 4.33).

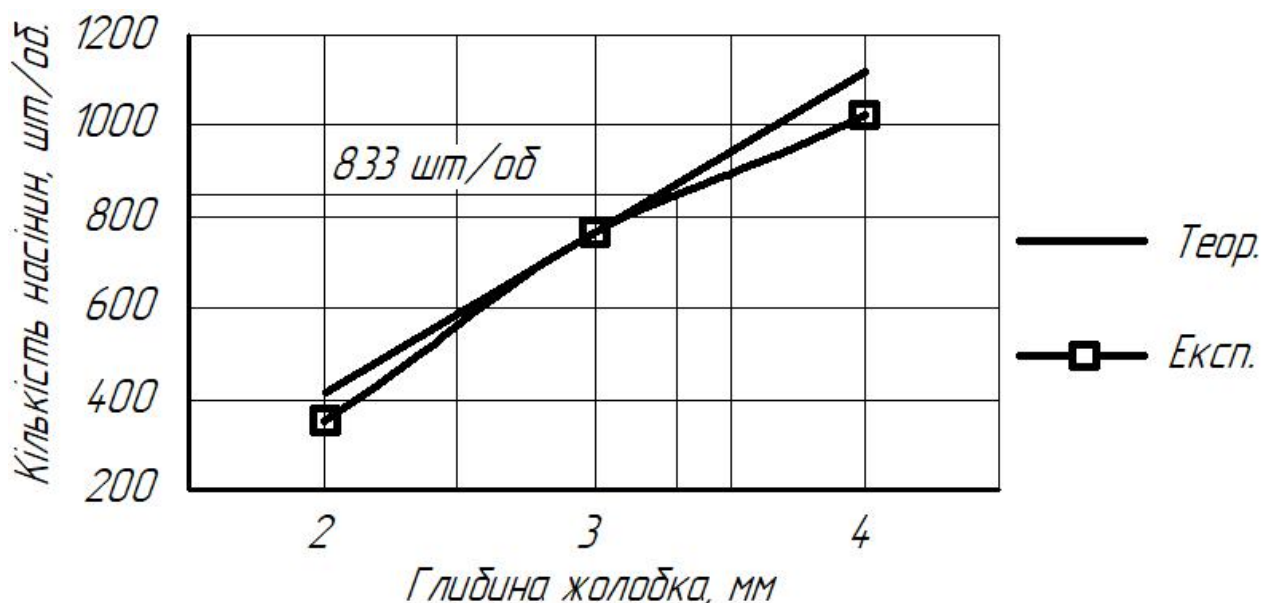


Рис. 4.36. Теоретичні і експериментальні залежності висівної здатності від глибини жолобка  $H$ , при  $S = 8$  мм,  $n = 0,1$   $s^{-1}$ .

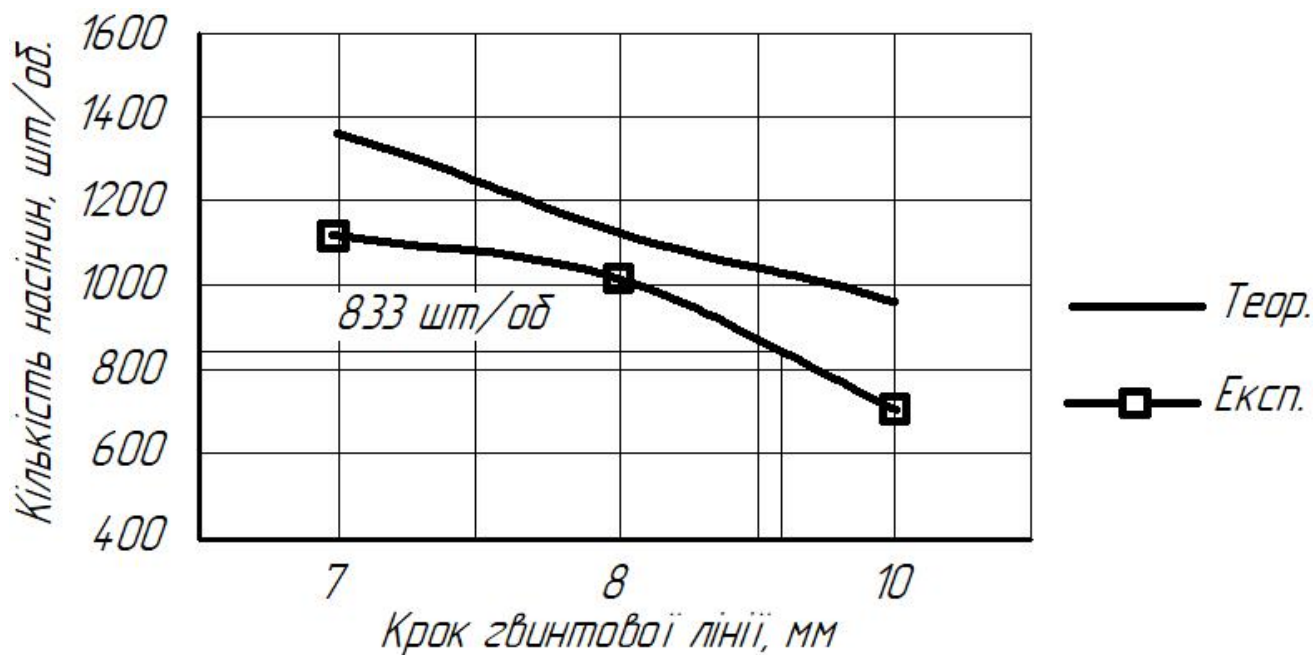


Рис. 4.37. Теоретичні і експериментальні залежності висівної здатності від кроку гвинтової лінії  $S$ , при  $H = 4$  мм,  $n = 0,1$  с<sup>-1</sup>.

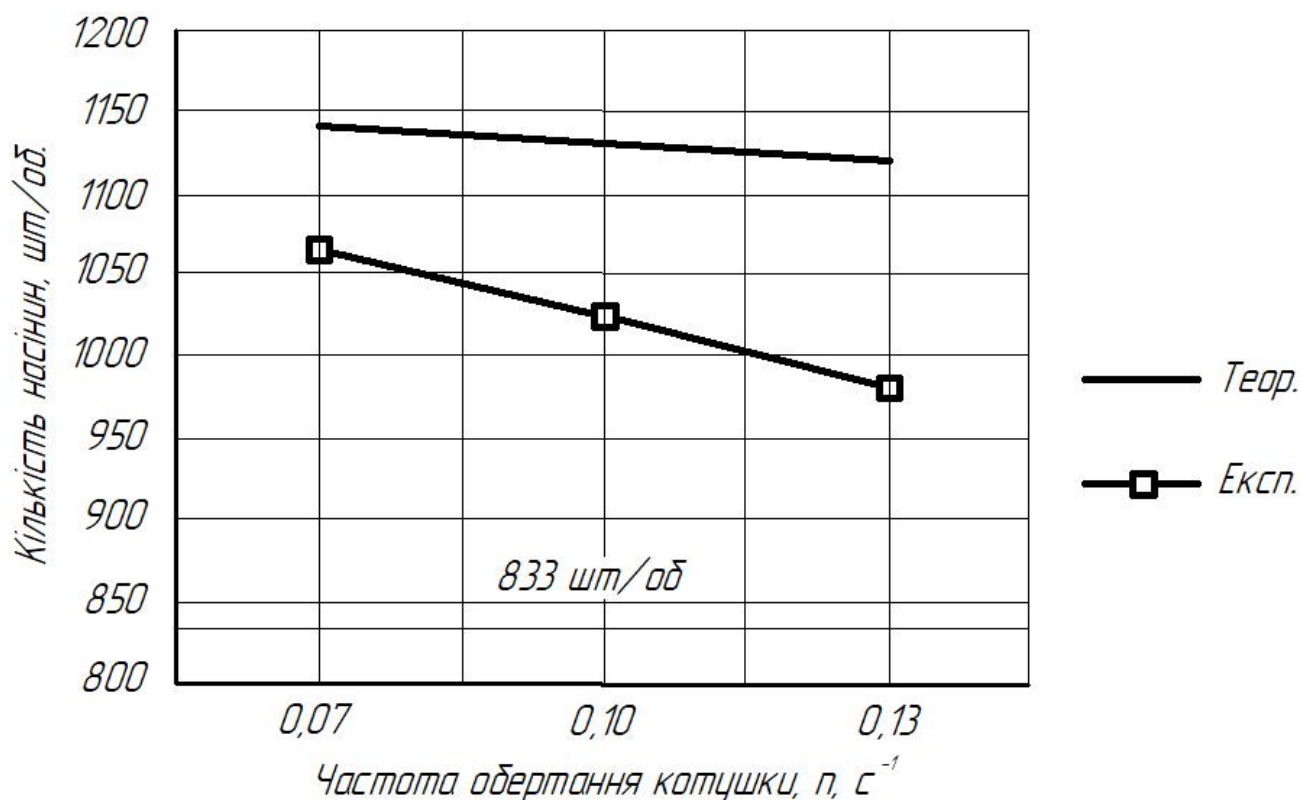


Рис. 4.38. Теоретичні і експериментальні залежності висівної здатності від частоти обертання катушки  $n$ , при  $H = 4$  мм,  $S = 8$  мм.

Графіки зображені на рисунках 4.28-4.33 показують, що теоретичні і експериментальні криві підпорядковуються одній закономірності, не дивлячись на незначні розбіжності в абсолютних значеннях.

Розбіжності між теоретичними і експериментальними залежностями пояснюються наступними причинами: при проведенні теоретичних досліджень не враховуються фактори, які можуть чинити вплив на рівномірність і висівну здатність, такі як: відмінності фізико-механічних показників насіння однієї культури, нерівномірна швидкість руху агрегату, вібрації та ін.

### **Висновки до розділу**

В ході лабораторно - експериментальних досліджень було встановлено, що максимальна рівномірність розміщення насіння вздовж рядка  $Y = 11\%$  Забезпечується при наступних параметрах катушкового гвинтового висівного апарату. Конструктивних: глибині жолобка  $H = 4$  мм; кроці гвинтовій лінії  $S = 8$  мм. Технологічних: частоті обертання катушки  $n = 0,1$  с<sup>-1</sup>. При цьому травмування посівного матеріалу  $T$  менше 1%.

Використання сівалки СЗП-3,6 обладнаної експериментальними катушковими гвинтовими висівними апаратами, дозволяє розподілити насіння вздовж рядка  $Y = 65\%$  для гвинтового висівного апарату і  $Y = 53\%$  для серійного катушкового при нормі висіву 3,0 млн. шт./га. Польова схожість  $\Pi = 10\%$  для гвинтового висівного апарату і  $\Pi = 62\%$  для катушкового досягнута при нормі висіву 2,0 млн. шт./га. Збільшення врожаю в середньому склало 33% в порівнянні з серійною.

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

### **5.1 Дослідження та оцінка стану з охорони праці в ПП «Росток»**

Науково-технічний прогрес обумовлює нові задачі, пов'язані з охороною праці. В умовах зросту механізації та автоматизації процесів зберігання та переробки зернової продукції, велике значення набуває проблема охорони праці працюючих.

Збільшення енергоозброєності та технічної оснащеності потребує своєчасного виявлення, усунення і потенційного прогнозування можливих небезпечних місць на виробничих лініях, складах та інших виробничих об'єктах. Необхідне проведення робіт профілактичного характеру, пов'язаних з попередженням нещасних випадків. Для цієї цілі відповідним службам з охорони праці необхідно керуватися:

1. Законом України «Про охорону праці», прийнятим Верховною Радою України 21 листопада 2002 року;
2. «Типовим Положенням» про навчання по питанням охорони праці;
3. «Інструкціями» – тобто нормативними актами, які містять обов'язкові для дотримання працівниками вимог з охорони праці при виконанні робіт на робочих місцях.

В ПП «Росток» за стан охорони праці відповідає директор. Йй підпорядковується інженер з питань охорони праці, який працює за сумісництвом і має практичний стаж роботи більше 3-х років.

До основних обов'язків директора входить:

- опрацювання ефективної цілісної системи управління ОП;
- сприяння удосконаленню діяльності у цьому напрямку кожного структурного підрозділу і кожної посадової особи;

В свою чергу спеціаліст з питань охорони праці контролює:

- дотримання чинного законодавства, міжгалузевих, галузевих та інших

нормативних актів, виконання працівниками посадових інструкцій з питань охорони праці;

- виконання приписів органів державного нагляду, пропозицій та подань уповноважених трудових колективів і профспілок з питань охорони праці;

- своєчасне проведення навчання та інструктажів працюючих, атестації та переатестації з питань безпеки праці посадових осіб та осіб, які виконують роботи підвищеної небезпеки, а також дотримання вимог безпеки при виконанні цих робіт.

За стан охорони праці на робочих місцях відповідають начальники цехів, майстри, бригадири. До їх обов'язків входить:

- забезпечення безпеки виробничих процесів, устаткування, будівель і споруд;

- забезпечення працівників засобами індивідуального та колективного захисту;

- професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань опрацювання ефективної цілісної системи управління охороною праці;

- вибору оптимальних режимів праці і відпочинку працівників;

- професійного добору виконавців для визначених видів робіт.

Вступний інструктаж з питань охорони праці для працівників проводить спеціаліст з охорони праці підприємства.

В підприємстві погано організована пожежно-сторожова охорона, яка не оснащена зв'язком зі всіма підрозділами господарства. Графік чергувань пожежної охорони розроблено, але його не завжди дотримуються. Навчання правилам безпеки практично не ведеться.

Стан охорони праці на виробничих ділянках характеризує узагальнений коефіцієнт рівня охорони праці.

$$K_{cn}^u = \frac{K_d + K_o + K_{enp}}{3} \leq 1 \quad (5.1)$$

Розраховуємо коефіцієнт рівня дотримання правил охорони праці:



$$K_{\partial} = \frac{C_{\partial}}{C}, \quad (5.2)$$

де  $K_{\partial}$  – коефіцієнт рівня дотримання правил охорони праці;

$C_{\partial}$  – кількість працівників, що дотримуються правил охорони праці;

$C$  – загальна кількість працівників.

$$K_{\partial 2015} = \frac{9}{10} = 0,9;$$

$$K_{\partial 2016} = \frac{10}{10} = 1,0;$$

$$K_{\partial 2017} = \frac{10}{10} = 1,0.$$

Як показали розрахунки, рівень дотримання правил охорони праці в господарстві за останній рік підвищився.

Розраховуємо коефіцієнт технічної безпеки обладнання:

$$K_{\partial} = \frac{n_{\partial}}{n}, \quad (5.3)$$

де  $K_{\partial}$  – коефіцієнт технічної безпеки обладнання;

$n_{\partial}$  – кількість одиниць обладнання, що відповідає вимогам безпеки і санітарним вимогам;

$n$  – загальна кількість обладнання.

$$K_{\partial 2015} = \frac{20}{25} = 0,8;$$

$$K_{\partial 2016} = \frac{20}{25} = 0,8;$$

$$K_{\partial 2017} = \frac{23}{25} = 0,92.$$

Як показали розрахунки, рівень технічної безпеки в господарстві за останні роки підвищився.

Розраховуємо коефіцієнт виконання планових робіт з охорони праці:

$$K_{впр} = \frac{m_{ср}}{m}, \quad (5.4)$$

де  $K_{впр}$  – коефіцієнт виконання планових робіт з охорони праці;

$m_{ср}$  – кількість фактично виконаних запланованих робіт з охорони праці;

$m$  – загальна кількість запланованих робіт за певний відрізок часу.

$$K_{впр2015} = \frac{5}{10} = 0,5;$$

$$K_{впр2016} = \frac{6}{10} = 0,6;$$

$$K_{впр2017} = \frac{6}{10} = 0,6.$$

Коефіцієнт рівня охорони праці дорівнює:

$$K_{сн2015}^ч = \frac{0,9 + 0,8 + 0,5}{3} = 0,73;$$

$$K_{сн2016}^ч = \frac{1,0 + 0,8 + 0,6}{3} = 0,8;$$

$$K_{сн2017}^ч = \frac{1,0 + 0,92 + 0,6}{3} = 0,84.$$

Коефіцієнт рівня охорони праці свідчить, що стан охорони праці в господарстві, як показують розрахунки даний показник за останній рік підвищився.

В господарстві стан охорони праці знаходиться на належному рівні, але маютья недоліки: не проводиться атестація робочих місць; підвищений рівень запиленості робочих місць; не проводиться інструктаж з охорони праці та надання першої медичної допомоги, для учнів і студентів, які прибувають на виробничу практику до господарства.

## **5.2 Аналіз показників виробничого травматизму та захворювань, причини їх виникнення в господарстві**

Метою дослідження виробничого травматизму є розробка заходів по запобіганню нещасних випадків на підприємстві. Для цього необхідно

систематично аналізувати і узагальнювати їх причини. Аналіз причин травматизму дозволяє поділяти їх на організаційні, технічні, психофізіологічні та санітарно-гігієнічні.

Так, як в господарстві випадків травматизму за досліджувані роки не було, проводимо розрахунок показників захворювань.

Для їх кількісної характеристики використовують такі показники:

- коефіцієнт частоти захворювань:

$$K_q = \frac{T}{P} \cdot 100 \quad (5.4)$$

- коефіцієнт важкості захворювань:

$$K_e = \frac{D}{T} \quad (5.5)$$

- коефіцієнт втрат робочого часу:

$$K_{em} = \frac{D}{P} \cdot 100 \quad (5.6)$$

де  $T$  – кількість випадків захворювань за досліджуваний період;

$P$  – середньоспискова кількість працівників, чол.;

$D$  – сумарна втрата днів працездатності в результаті захворювань, днів.

Отже, за звітній період отримаємо наступні дані:

- коефіцієнт частоти захворювань:

$$K_{q2015} = \frac{1}{10} \cdot 100 = 10$$

- коефіцієнт важкості захворювань:

$$K_{e2015} = \frac{24}{1} = 24$$

- коефіцієнт втрат робочого часу:

$$K_{em2015} = \frac{24}{10} \cdot 100 = 240$$

Основні показники захворювань зводяться до таблиці 5.1 та робляться висновки про його рівень.

Таблиця 5.1 – Основні показники захворювань по ПП «Росток»

Показники	Роки		
	2022	2023	2024
Кількість працюючих, чол.	10	10	10
Кількість захворювань, од	1	-	-
Втрати днів непрацездатності від захворювань	24	-	-
Коефіцієнт частоти	10	-	-
Коефіцієнт важкості	24	-	-
Коефіцієнт втрат робочого часу	240	-	-

### 5.3. Заходи по поліпшенню умов праці

Для покращення стану охорони праці на підприємстві, створення безпечних умов праці, зменшення виробничого травматизму та захворюваності, в наслідок чого підвищення рівня виробництва рекомендується:

- організувати кабінет з охорони праці;
- забезпечити кабінет необхідним обладнанням;
- закупити учбові плакати з охорони праці та розповсюдити їх по всіх виробничих підрозділах;
- систематично проводити демонстрацію фільмів про охорону праці та пожежну безпеку;
- проводити з працівниками лекції та бесіди з охорони праці;
- щомісяця проводити на підприємстві день охорони праці;
- налагодити пропаганду безпечних умов праці.
- слідкувати за чистотою площадок для зберігання техніки.
- перевірити лінії електропередач, висоту введів в приміщення. Висота ліній по нижньому проводу повинна бути не менше 6 м, а висота вводу в приміщення не менше 2,5 м.
- перевірити блискавкозахист приміщень.
- перевірити контури заземлення електрообладнання та встановити захисні щитки.

- забезпечити протипожежним інвентарем, резервуарами з водою та вогнегасниками.

- посадити зелене насадження.

- забезпечити кожний агрегат аптечкою першої медичної допомоги.

- регулярно проводити інструктажі з охорони праці.

- забезпечити всі виробничі приміщення плакатами з охорони праці.

#### **5.4 Безпека праці в надзвичайних ситуаціях у разі виникнення пожежі**

В разі виникнення пожежі на стаціонарних об'єктах викличте пожежну команду, повідомте керівництво і приступіть до ліквідації осередку загоряння згідно з вимогами інструкції про заходи з пожежної безпеки.

При виникненні пожежі на електроустановках у першу чергу необхідно повідомити про це пожежну охорону, відповідального за електрогосподарство, керівника робіт.

У випадку загоряння зерна погасіть топку, виключіть вентилятори і вивантажувальні пристрої, закрийте випускні заслінки і, не зупиняючи подачі вологого зерна, відкрийте люки дифузорів, виявивши осередок загоряння, через вікно короба спробуйте витягнути його із шахти. Якщо осередок загоряння усунути не вдається, включіть розвантаження на максимальну продуктивність, а осередки загоряння зерна гасіть водою й усувайте з основного потоку зерна. Після розвантаження всього зерна ретельно очистіть стінки камери й поверхню коробів від нагару.

При загорянні одязі постарайтесь зняти її або накрийте палаючу ділянку щільною матерією, при можливості занурте у воду.

#### **5.5 Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшенню умов праці в підприємстві**

##### *5.5.1 Розрахунок освітлення виробничих приміщень*

Специфіка обладнання підприємств зі зберігання техніки полягає в тому, що воно майже не потребує місцевого освітлення, тому розрахуємо загальне освітлення. Розрахунок проведемо для основних виробничих приміщень.

Розрахунок виконаємо за методом використання світлового потоку. Для цього знайдемо висоту підвісу світильників:

$$H_c = H - (h_p + h_r), \text{ м} \quad (5.8)$$

де  $H$  – висота приміщення, м;

$h_p$  – висота робочого місця, м;

$h_r$  – відстань від стелі до світильника, м.

Для всіх приміщень висота підвісу буде складати:

$$H_c = 6 - (1,15 + 0,45) = 4,4 \text{ м}$$

Далі визначаємо показник приміщення:

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{H_c (a + b)}, \quad (5.9)$$

де  $a$  і  $b$  – довжина і ширина приміщення відповідно, м.

Для виробничого відділення цей індекс складає:

$$\varphi = \frac{18 \cdot 9}{4,4 \cdot (12 + 9)} = \frac{162}{118,8} = 1,36$$

Далі визначаємо кількість світильників в цеху при умові розміщення їх один від одного на відстані три метри:

$$n = \frac{S}{l^2}, \text{ шт} \quad (5.10)$$

Звідси, 
$$n = \frac{162}{9} = 18 \text{ шт}$$

Таким чином, приймаємо кількість світильників рівну 18 шт.

Далі визначаємо світловий потік однієї лампи за формулою:

$$F = \frac{E_{\min} \cdot K \cdot Z \cdot S}{n \cdot \eta} \quad (5.11)$$

де  $E$  – мінімальна освітленість, що дорівнює 150 люкс;

$K$  – коефіцієнт запасу, що враховує запиленість світильників ( $K = 1,7$ );

$Z$  – відношення середньої освітленості до мінімальної ( $Z = 0,53$ );

$S$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>;

$n$  – кількість світильників, шт.;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку ( $\eta=0,55$ ).

Розрахунковий світовий потік складає:

$$F = \frac{150 \cdot 1,7 \cdot 0,53 \cdot 162}{18 \cdot 0,55} = 2211 \text{ лм}$$

Отже,

$$E = \frac{2211 \cdot 18 \cdot 0,55}{1,7 \cdot 162 \cdot 0,53} = 150 \text{ лк}$$

Далі за визначеним мінімальним світовим потоком вибираємо лампи для світильників. Таким чином, для обраних світильників типу ОДОР приймаємо люмінесцентні газорозрядні лампи ЛДЦ потужністю 40 Вт.

#### *5.5.2 Рекомендації щодо покращення охорони праці*

Більше уваги приділяти навчанню робітників підрозділів, керівнику підприємства і інженеру з охорони праці. Перевірити стан вентиляції в приміщеннях. Обладнати належним чином місця для куріння на всіх виробничих дільницях, керівнику підприємства. Звернути особливу увагу на проведення інструктажів з питань охорони праці, ознайомити працівників зі способами надання першої медичної допомоги, для учнів і студентів, які прибувають на виробничу практику до господарства, інженеру по охороні праці. Провести атестацію робочих місць.

#### **Висновки**

У даному розділі приведені стан охорони праці та обов'язки відповідальних осіб з охорони праці на підприємстві, проаналізований стан охорони праці в цеху. У частині інженерних розрахунків для покращення умов праці та підвищення безпеки виробництва був проведений розрахунок системи освітлення приміщень. Також був розроблений план дій виробництва при вибуху, як найбільш ймовірній надзвичайній ситуації.

На підставі проведеного аналізу стану охорони праці на підприємстві був розроблений план заходів і засобів спрямованих на покращення умов та безпеки праці, підвищення культури виробництва та зниження травматизму робітників.

## 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВПРОВАДЖЕННЯ ЗЕРНОВОЇ СІВАЛКИ

Основним показником ефективності сівби ріпаку удосконаленою зерною сівалкою служить економічний ефект, обумовлений по різниці витрат в базовому і проектному варіанті.

Визначимо продуктивність агрегату до складу, якого входить удосконалена сівалка за годину чистої роботи за формулою [25]:

$$W = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p = 0,1 \cdot 3,6 \cdot 7,0 = 2,52 \text{ га/год.} \quad (6.1)$$

де  $V_p$  – робоча швидкість руху агрегату, км/год.;

$B_p$  – робоча ширина захвату агрегату, м,  $B_p = 3,6$  м.

Витрати палива трактора МТЗ-892 при сівбі удосконаленою сівалкою становлять 2,34 кг/га. Відповідно з прийнятим в господарстві нормуванням механізованих польових робіт норма виробітку на сівбі ріпаку зазначеного агрегату становить 16,13 га, при витраті палива 4,3 кг/га.

Визначимо балансову вартість удосконаленої сівалки Astra 3,6. Для визначення вартості використаємо вартість базової (серійної) сівалки, яка становить  $B_{mc} = 185000$  грн. та вартість розроблених робочих органів разом з переобладнанням  $B_n = 11650$  грн.

Отже, балансова вартість удосконаленої сівалки:

$$B_e = B_{mc} + B_n = 185000 + 11650 = 196650 \text{ грн.} \quad (6.2)$$

Вихідні дані для проведення економічних розрахунків доцільності удосконалення сівалки Astra 3,6 зведемо в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1. Вихідні дані до розрахунку економічної ефективності

Показники	Агрегат	
	МТЗ-892 + Astra 3,6	МТЗ-892 + Astra 3,6М
Продуктивність, га/год.	2,1	2,52
Питомі витрати палива, кг/га	4,3	3,35
Вартість, грн.	85000	86650



## 6.1. Визначення затрат праці

Затрати праці є одним із основних показників, що характеризують рівень механізації виконуваних сільськогосподарських процесів, та одним з важливих елементів, які визначають собівартість їх виконання [25].

Затрати праці на сівбі ріпаку визначимо за формулою:

$$Z_{\Pi} = \frac{M}{W_r}, \quad (6.3)$$

де  $M$  – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

$W_r$  – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год.

Оскільки кожний агрегат обслуговує один механізатор (тракторист) і один допоміжний працівник, то за формулою (6.3) будемо мати:

- затрати праці при сівбі базовою сівалкою:

$$Z_{\Pi.Б.} = \frac{2}{2,1} = 0,95 \text{ люд.-год / га,}$$

- затрати праці при сівбі удосконаленою сівалкою:

$$Z_{\Pi.П.} = \frac{2}{2,52} = 0,79 \text{ люд.-год / га.}$$

Отже, зниження затрат праці при сівбі удосконаленою сівалкою становить 0,16 люд.-год/га.

## 6.2. Визначення експлуатаційних витрат

В експлуатаційних розрахунках, пов'язаних з оцінкою ефективності використання машин при виконанні механізованих робіт, застосовують головним чином прямі і приведені експлуатаційні витрати. Під прямими експлуатаційними витратами розуміють витрати грошових коштів, які обумовлені безпосередньо виконуваною роботою. Прямі витрати включають: витрати грошових коштів на оплату праці працівників, обслуговуючих агрегат,

вартість паливно-мастильних матеріалів, що витрачаються та відрахування на реновацію, ремонти і технічне обслуговування машин.

Якщо прямі експлуатаційні витрати відносять до одиниці продукції (наприклад, на 1 т) або до одиниці наробітку (продуктивності) - на 1 год роботи або ж на 1 га, до однієї машини або до всіх машин, що приймають участь у даному процесі, то такі прямі експлуатаційні витрати називають питомими.

Питомі прямі експлуатаційні витрати на сівбі ріпаку визначимо за формулою [25]:

$$C = C_{on} + C_{pa} + C_{кто} + C_{пмм}, \quad (6.4)$$

де  $C_o$  – оплата праці з нарахуваннями, грн./га;

$C_{pa}$  – відрахування на реновацію, грн./га;

$C_{кто}$  – витрати на капітальний і поточний ремонти та ТО, грн./га;

$C_{пмм}$  – витрати на паливо і мастильні матеріали, грн./га.

### 6.3. Визначення оплати праці

У фермерських господарствах Дніпропетровської області в основному прийнята наступна система оплати праці працівників, які зайняті на сівбі ріпаку: оплату праці механізаторів здійснюють по 2-му розряду тарифної сітки із розрахунку 235,5 грн. за виконану норму виробітку. Крім того є ще доплата за класність. Механізаторам, які мають перший клас доплачують 20% до тарифної ставки. Оплату праці допоміжним працівникам, які обслуговують сівалку, також здійснюють по 2-му розряду із розрахунку 160,4 грн. за норму.

Виходячи із вищезазначеного оплати праці можна визначити за формулою [25]:

$$C_{on} = \frac{\alpha [T_m \cdot M \cdot (1 + \beta) + T_d \cdot N]}{H}, \quad (6.5)$$

де  $T_m$ ,  $T_d$  - оплата праці механізаторам і допоміжним робітникам за норму виробітку, грн.;

$\alpha$  - коефіцієнт, який враховує нарахування на заробітну плату  $\alpha = 1,375$ ;

$\beta$  - доплата за класність,  $\beta = 0,2$ ;

$M$  і  $N$  – кількість механізаторів і допоміжних працівників;

$H$  – змінна норма виробітку, га.

Тоді витрати на оплату праці становлять:

- при сівбі серійною сівалкою:

$$C_{\text{бон}} = \frac{1,375 \cdot [235,5 \cdot 1 \cdot (1 + 0,2) + 160,4 \cdot 1]}{16,8} = 36,25 \text{ грн./га},$$

- при сівбі удосконаленою сівалкою:

$$C_{\text{мон}} = \frac{1,375 \cdot [235,5 \cdot 1 \cdot (1 + 0,2) + 160,4 \cdot 1]}{20,16} = 30,21 \text{ грн./га}.$$

#### 6.4. Відрахування на реновацію

Відрахування на реновацію машин в агрегаті визначимо за формулою:

$$C_{\text{ра}} = \frac{\alpha_1 \cdot B_m}{100 \cdot W_3 \cdot T_m} + \frac{\alpha_2 \cdot B_c}{100 \cdot W_3 \cdot T_c}, \quad (6.6)$$

де  $B_m$  і  $B_c$  – відповідно балансова вартість трактора і сівалки, грн.  
( $B_m = 900000$  грн.;  $B_c = 196650$  грн.);

$\alpha_1$  і  $\alpha_2$  – норма річних відрахувань на реновацію від балансової вартості відповідно трактора і машини, %;

$T_m$  і  $T_c$  – нормативне річне завантаження відповідно трактора і сівалки, год., (за нормативами  $T_m = 1300$  год., а  $T_c = 160$  год.).

За нормативами річна норма відрахувань на реновацію трактора МТЗ-892 складає 12 %, а сівалки Astra 3,6– 14,2 %. Тоді, витрати на амортизацію будуть дорівнювати:

- для базового агрегату:

$$C_{\text{бра}} = \frac{900000 \cdot 15}{100 \cdot 1300 \cdot 2,1} + \frac{185000 \cdot 7}{100 \cdot 160 \cdot 2,1} = 51,9 + 40,46 = 92,36 \text{ грн./га};$$

- для удосконаленого агрегату:

$$C_{\text{мра}} = \frac{900000 \cdot 15}{100 \cdot 1300 \cdot 2,52} + \frac{196650 \cdot 6}{100 \cdot 160 \cdot 2,52} = 41,2 + 32,7 = 73,9 \text{ грн./га.}$$

## 6.5. Визначення відрахувань на капітальний, поточний ремонт та ТО

Витрати на ремонти і технічне обслуговування машин в агрегаті можна визначити за формулою [25]:

$$C_{\text{кто}} = \frac{\alpha_{1к} \cdot B_m}{100 \cdot W_3 \cdot T_m} + \frac{1}{100 \cdot W_3} \left( \frac{\alpha_{1н} \cdot B_m}{T_m} + \frac{\alpha_{2н} B_c}{T_c} \right); \quad (6.7)$$

де  $\alpha_{1к}$  - відрахування на капітальний ремонт трактора, % ( $\alpha_{1к} = 15\%$ );

$\alpha_{1н}$  і  $\alpha_{2н}$  – норма річних відрахувань на поточний ремонт і ТО відповідно трактора і сівалки ( $\alpha_{1н} = 8\%$ ,  $\alpha_{2н} = 6\%$ ).

Тоді, відрахування на ремонти і ТО агрегатів становлять:

- для базового агрегату:

$$C_{\text{бкто}} = \frac{15 \cdot 900000}{100 \cdot 2,1 \cdot 1300} + \frac{1}{100 \cdot 2,1} \cdot \left( \frac{8 \cdot 900000}{1300} + \frac{6 \cdot 185000}{160} \right) = 91,83 \text{ грн./га;}$$

- для удосконаленого агрегату:

$$C_{\text{мкто}} = \frac{15 \cdot 900000}{100 \cdot 2,52 \cdot 1300} + \frac{1}{100 \cdot 2,52} \left( \frac{8 \cdot 900000}{1300} + \frac{6 \cdot 186650}{160} \right) = 69,88 \text{ грн./га.}$$

## 5.6. Визначення питомих витрат на паливо - мастильні матеріали

Питомі витрати на паливо і мастильні матеріали [25]:

$$C_{\text{пмм}} = Q \cdot C_k, \quad (6.8)$$

де  $Q$  – витрати палива, кг/га;

$C_k$  – комплексна ціна паливно-мастильних матеріалів, грн./кг.

Вартість палива і мастил коливаються на ринку і залежать від об'ємів закупок, постачальника і інших факторів. З врахуванням сьогоднішніх цін приймаємо комплексну ціну ПММ 48,50 грн./кг. Тоді, питомі витрати на паливо і мастильні матеріали будуть дорівнювати:

- для базового агрегату:

$$C_{\bar{b} \text{ нмм}} = 4,3 \cdot 48,50 = 208,55 \text{ грн./га,}$$

- для удосконаленого агрегату:

$$C_{\text{м нмм}} = 3,35 \cdot 48,50 = 162,475 \text{ грн./га.}$$

Загальні питомі прямі експлуатаційні витрати при сівбі ріпаку становлять:

- агрегатом, в склад якого входить серійна сівалка Astra 3,6:

$$C_{\bar{b}} = 92,36 + 30,88 + 91,83 + 208,55 = 423,62 \text{ грн./га,}$$

- агрегатом, в склад якого входить удосконалена сівалка Astra 3,6М:

$$C_{\text{м}} = 73,9 + 23,87 + 69,88 + 162,475 = 330,125 \text{ грн./га.}$$

Економія питомих експлуатаційних витрат при впровадженні удосконаленої сівалки СЗП-3,6М у виробництво буде становити:

$$E_{\text{ев}} = C_{\bar{b}} - C_{\text{м}} = 423,62 - 330,125 = 93,495 \text{ грн./га.}$$

### 6.7. Визначення питомих капіталовкладень

Питомі капіталовкладення на базову та удосконалену зернову сівалку визначаємо за формулою [25]:

$$k_{\text{вк}} = \frac{B_{\text{м}}}{W_{\text{з.ек}} \cdot t} + \frac{B_{\text{с}}}{W_{\text{з.ек}} \cdot t}, \quad (6.9)$$

$$k_{\text{вк}\bar{b}} = \frac{900000}{2,1 \cdot 1300} + \frac{185000}{2,1 \cdot 160} = 346 + 578 = 924 \text{ грн./га,}$$

$$k_{\text{вкн}} = \frac{900000}{2,52 \cdot 1300} + \frac{196650}{2,52 \cdot 160} = 274 + 546 = 820 \text{ грн./га.}$$

Тоді загальні приведені витрати базового і удосконаленого комбайна знаходимо за формулою (6.3), підставляючи в неї значення прямих експлуатаційних затрат, питомих капіталовкладень і значення нормативного коефіцієнта:

$$П_{\text{пр}(\bar{b})} = 423,62 + 0,15 \cdot 924 = 562,22 \text{ грн./га;}$$

$$П_{\text{пр}(n)} = 330,125 + 0,15 \cdot 820 = 453,125 \text{ грн./га.}$$

### 6.8. Визначення вартості продукції

Середня врожайність ріпаку в господарствах Дніпропетровської області становить  $Q_{цб} = 3,9$  т/га, але 2024 рік був не врожайний у зв'язку з посухою. Тому врожайність становила 2,0 т/га

Удосконалена зернова сівалка Astra 3,6М дозволяє збільшити польову схожість насіння і відповідно врожайність культури на 10-18% за рахунок поліпшення умов його проростання та розвитку.

На сьогоднішній день вартість тонни ріпаку становить 19200 грн. Визначимо проектну продуктивність ріпаку з 1 га:

$$Q_p + (Q_p \cdot \tau) = 2 + (2 \cdot 0,15) = 2,3 \text{ т/га.} \quad (6.10)$$

де  $Q_p$  – врожайність ріпаку, т/га.

$\tau$  – коефіцієнт схожості насіння,  $\tau = 0,1-0,18$ . Приймаємо  $\tau = 0,15$ .

Визначимо прибуток від врожайності ріпаку з 1 га:

$$П_{цб} = Q_p \cdot B_p, \quad (6.11)$$

де  $B_{цб}$  – вартість ріпаку, грн./т. Приймаємо  $B_{цб} = 19200$  грн./т.

- при сівбі базовою сівалкою:

$$P_{p.б.} = 2,3 \cdot 19200 = 44160 \text{ грн./га;}$$

- при сівбі проектною сівалкою:

$$P_{цб.n.} = 3,2 \cdot 19200 = 61440 \text{ грн./га.}$$

### 5.9. Визначення річного економічного ефекту

Річний економічний ефект від впровадження сівалки, котра обладнана котушковими гвинтовими висівними апаратами визначаємо за формулою [25]:

$$E_{pe} = П_{цб(n)} - П_{цб(б)} \quad (6.12)$$

$$E_{pe} = 61440 - 44160 = 17280 \text{ грн./га.}$$

Визначимо термін окупності витрат на удосконалення сівалки [25]:

$$T_{ок} = \frac{B_n}{E_p}, \quad (6.13)$$

де  $T_{ок}$  – термін окупності.

$$T_{ок} = \frac{11650}{17280} = 0,67 \text{ року.}$$

Результати розрахунку економічної ефективності удосконалення

конструкції зернової сівалки Astra 3,6 зведемо в табл. 6.2.

Таблиця 6.2. Основні економічні показники проекту

Назва показників	Агрегат		Різниця, (+/-)
	MT3-892 + Astra 3,6	MT3-892 + Astra 3,6	
1. Балансова вартість сівалки, грн.	185000	196650	+11650
2. Продуктивність, га/год.	2,1	2,52	+0,42
3. Затрати праці, люд.-год/га.	0,95	0,79	-0,16
4. Прямі експлуатаційні витрати, грн./га в т.ч.:	562,22	453,125	-109,095
- оплата праці, грн./га	136,25	130,21	-6,04
- відрахування на реновацію, грн./га	30,88	23,87	-7,01
- відрахування на ремонти і ТО, грн./га	186,53	136,57	-49,96
- витрати на ПММ, грн./га	208,55	162,475	-46,075
Приведені витрати, грн./га	272,64	222,65	-49,99
Врожайність, т/га	2,3	3,2	+0,9
5. Річний економічний ефект, грн./га	17280		
6. Строк окупності витрат на удосконалення сівалки, років	0,67		

Результати розрахунків економічної ефективності удосконалення конструкції зернової сівалки Astra 3,6 показують, що запровадження їх у виробництво підвищить врожайність ріпаку на 10-18% і дасть змогу отримати річний економічний ефект в сумі 17280 грн. на один гектар, а затрати на удосконалення окупляться протягом одного сезону експлуатації.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу технічних рішень для посіву дрібнонасіньових культур було встановлено, що основними недоліками існуючих катушкових висівних апаратів є нерівномірність подачі насіння (пульсація висіву) і їх травмування. Одним з перспективних способів усунення даних недоліків є використання катушкового гвинтового висівного апарату.

2. Теоретично досліджено ступінь впливу конструктивних і технологічних факторів катушкового гвинтового висівного апарату на характер руху насіння у висівній системі, рівномірність розподілу насіння вздовж рядка і висівної здатності.

3. Отримано регресійні моделі процесу розподілу насіння вздовж рядка  $Y$ , висівної здатності  $N$  і травмування насіння  $T$ , аналіз яких показав, що найбільший вплив на якісні показники процесу висіву становлять фактори: глибина жолобка  $H$ , крок гвинтової лінії  $S$  і частота обертання катушки  $n$ , що підтвердило теоретичні передумови.

4. Встановлено раціональні значення параметрів: глибину жолобка  $H = 4$  мм, крок гвинтової лінії  $S = 8$  мм, частоту обертання катушки  $n = 0,1 \text{ c}^{-1}$ . При цьому досягається максимальне значення показників рівномірності розподілу насіння вздовж рядка  $Y = 77\%$ , травмування посівного матеріалу  $T$  менше 1%.

5. Встановлено, що використання сівалки Astra 3,6, котра обладнана експериментальними катушковими гвинтовими висівними апаратами, дасть змогу отримати річний економічний ефект у сумі 17280 грн./га в порівнянні з серійною з терміном термін окупності на вдосконалення 0,67 року.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. А.с. 55826 СРСР, МПК А01С7 / 12. Висівний апарат / А.С. Беляєв (СРСР) .- №16222; заявл.01.04.38; опубл. 31.10.39.
2. А.с. 1230499 СРСР, МПК А01С7 / 12. Висівний апарат / Г.І. Биков, (СРСР) .- №3715770 / 30-15; заявл. 21.03.84; опубл. 15.05.86, Бюл. №18.
3. А.с. 155684 СРСР, МПК АТ 1С7 / 12. Котушковий висівний апарат / М.І. Поляков (СРСР) .- №733134 / 30-15; заявл. 02.06.61; опубл. №13 за 1963.
4. А.с.№ 207507 СРСР, МПК А01С7 / 12.Котушковий висівний апарат / Н.І. Любушка [та ін.] (СРСР) .- №1053996 / 30-15; опубл. 22.12.67, Бюл. № 2.
5. А.с. 214892 СРСР, МПК А01С7 / 12. Висівний апарат / П.В. Сисолін [та ін.] (СРСР) .- №1150597 / 30-15; заявл. 05.04.67; опубл. 29.03.68, Бюл. №12.
6. А.с. 328851 СРСР, МПК А01С7 / 12. Висівний апарат / П.В. Сисолін [та ін.] (СРСР) .- №1601968 / 30-15; заявл. 28.12.70; опубл. 09.11.72, Бюл. №7.
7. А.с. 348168 СРСР, МПК А01С7 / 12. Висівний апарат / В.Е. Комарістов [та ін.] (СРСР) .- № 1486440 / 30-15; опубл. 23.08.72, Бюл. №25.
8. А.с. 685180 СРСР, МПК АТ 1С7 / 12 .Котушковий висівний апарат / Ю.А. Моргунов [та ін.] (СРСР).- №2607990 / 30-15; заявл. 21.04.78; опубл.15.09.79, Бюл. №34.
9. А.с. 97523 СРСР, МПК АТ 1С7 / 12.Котушковий висівний апарат / І.П. Рудої (СРСР) .- № 1542/447146; заявл. 06.05.53.
10. Агрономічний зошит. Обробіток ріпаку і суріпиці за інтенсивною технологією / Б. П. Мартинов [та ін.]; під заг. ред. Б. П. Мартинова. - М.: Сільгоспвидав, 1986. - 118, [2] с.
11. Алгазін, Д.Н. Взаємодія насіння ріпаку з поверхнею гвинтового котушкового висівного апарату / Д. Н. Алгазін // Молоді вчені - аграрній науці: матеріали міжнар. конф. молодих вчених / Сиб. від-ня. - Омськ: 2008. - С. 10-13.
12. Алімов Д. М., Шелестов Ю. В. Технологія виробництва продукції рослинництва. - К.: Вища шк., 1995.
13. Анурьєв В.І. Довідник конструктора - машинобудівника: у 3 т. / В.І. Анурьєв. - 8-е вид., Перероб і доп.; під ред. І.М. Жесткова. - М.: Машинобудування, 2001.- 123 с.
14. Бать М.І. Теоретична механіка в прикладах і задачах. Т. II. Динаміка / М.І Бать, Г.Ю. Джанілідзе, А.С.Кельзон. - М., 1975. - 608 с.

15. Босий Е.С. Теорія, конструкція і розрахунок сільськогосподарських машин: навч. для вузів / Є. С. Босий, О. В. Верняєв, І. І. Султан-Шах. - 2-е вид., Перероб. і доп.- М.: Машинобудування, 1978. - 568 с.
16. Майбутнє «золотоносного» ріпаку. Сайт: <http://www.sibraps.ru/>, Прямая ссылка сторінку сайту: <http://www.sibraps.ru/articles/articles/52>
17. Бузенков Г.М. Машины для посева сельскохозяйственных культур / Г.М. Бузенков, С.А. Ма.- М.: Машинобудування, 1976. - 272 с.
18. Булавинцев Р.А. Обоснования конструктивных технологических параметров катушечно-штифтового висівного апарату зернової сівалки: автореф. дис...канд. техн. наук: 05.20.01 / Булавинцев Роман Олександрович. - М., 2006. - 19 с.
19. Василенко, П.М. Теорія руху частки по шорстким поверхонь сільськогосподарських машин / П.М. Василенко. - Київ: Вид-во Укр. акад. с.-г. наук, 1960. -279 с.
20. Вентцель, Е.С. Теорія ймовірностей / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров - М.: Наука, 1969. - 388 с.
21. Випробування сільськогосподарської техніки / С.В. Кардашевский [та ін.] - М.: Машинобудування, 1979. - 288 с.
22. Войтюк В.С., Гапоненко Д.Г. Сільськогосподарські машини.- К.: Урожай, 2001. - 384с.
23. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В. М. Барановський, В. М. Булгаков та ін.; за ред. Д. Г. Войтюк. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
24. Вольф, В.Г. Статистична обробка дослідних даних В.Г. Вольф.- М.: Колос., 1966. - 254 с.
25. Головчук, А. Ф. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: підручник: в 3-х кн. / А. Ф. Головчук, В. Ф. Орлов, О. Ф. Строков ; за ред. А. Ф. Головчука. - Київ: Грамота, 2009. - 335 с.
26. Горлов, С.Л. Стан, перспективи та наукове забезпечення виробництва ріпаку / С.Л. Горлов, Е.Б. Бочкарова // Ріпак: масло, білок, біодизель / - Мінськ: ІОЦ Мінфіну, 2006. - 215 с.
27. Горячкин В.П. Збірник творів / В.П. Горячкин. - М.: Колос, 1968.

Т.1.- 714 с.

28. ГОСТ 13586.5-93. Зерно. Метод визначення вологості. - М.: Вид-во стандартів, 1993.- 8 с.

29. ГОСТ 13586.6-93. Зерно. Методи визначення зараженості вредителями.- М.: Вид-во стандартів, 1993. - 10 с.

30. Єрмаков С.М. Курс статистичного моделювання / С.М. Єрмаков, Г.А. Міхайлов. - М.: Наука, 1996.

31. Зирянов, В.А. Рівномірність розподілу рослин по площі при посіві зернових культур і трав / В.А. Зирянов // Механізація та електрифікація сільського господарства. - 1985. - №5. – С. 35-37.

32. Іщенко Т.Д. Дипломне проектування у вищих навчальних закладах Міністерство аграрної політики України: Навчально-методичний посібник / За ред. Т.Д. Іщенко, І.М. Бендери. – К.: Аграрна освіта, 2006. – 256 с.

33. Казанцев В.П. Ярові капустияні культури // Т. 1 Землеробство, тваринництво, економіка, 1998. – С. 40-45.

34. Кардашевский, С.В. Висіваючі пристрої посівних машин / С.В. Кардашевский. - М:-машинобудування, 1973.- 173 с.

35. Карпенко, А. Н. Сільськогосподарські машини: навч. посібник / А. Н. Карпенко, В. М. Халанський. - 6-е вид., Перероб. і доп. - М.: Агропромвидав., 1989. - 526 с.

36. Карпенко, А.Н. Процес живлення і робота катушкового апарату при нижньому висіві / А.Н. Карпенко // Збірник праць / ВІМ.- М.: Сільгоспвидав., 1979. - Т. 12. – С. 48-54.

37. Ким А.А. Спосіб реєстрації посіву насіння на імітаційному стенді / А.А. Кем, Н.М. Шарипов, Б.А. Бесєдін // Науково-технічний Бюлетень / ВАСГНІЛ. СО. - 1987. - Вищ. 17. - С. 27-30.

38. Кукта Г.М. Випробування сільськогосподарських машин / Г.М. Кукта.- М.: Машинобудування, 1964. - 283 с.

39. Куц В.Ф. Дослідження та обґрунтування параметрів системи: Висівний апарат - насіннепровід - сошник селекційної сівалки: дис...канд. техн. наук: 05.20.01 / Куц Василь Федорович. - Омськ, 1975. - 145 с.

40. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування

сільськогосподарських культур.120 культур : навч. посіб. / В. В. Лихочвор, В. Ф. Петриченко, П. В. Іващук, О. В. Корнійчук ; [за ред. В. В. Лихочвора, В. Ф. Петриченка]. - Львів: Українські технології, 2010. - 1085, [2] с.

41. Макрушин М.М. Насінництво: підручник / М.М. Макрушин, Є.М. Макрушина. – Сімферополь: ВД «Аріал», 2011. – 476 с.

42. Максимов, В.Н: Багатофакторний експеримент в біології / В.Н. Максимов.- М.: Вид-во Моск. ун-ту, 1980.- 280 с.

43. Миклашевич, В.А. Насіння ріпаку як об'єкт сушіння на установках активного вентилявання / В.Л. Миклашевич // Удосконалення робочих органів системи машин для агропромислового комплексу: науч. - техн. бюл. / ВАСГНІЛ. Сиб. від-ня, Сиб. наук.-дослід. ін-т сіл. госп-ва.- Новосибірськ, 1986.- Вип. 7. - С. 18-22.

44. Милащенко Н.З. Технологія вирощування та використання ріпаку і суріпиці / Н.З. Милащенко, В. Ф. Абрамов. - М.: Агропромвидав., 1989. - 223 с.

45. Моделювання сільськогосподарських агрегатів і їх систем управління /А.Б. Лур'є [та ін.]; під ред. А.Б. Лур'є. - Л.: Колос, 1979.- 312 с.

46. Наймарк ЛЛ. Інтенсивна технологія вирощування озимого і ярого ріпаку на насіння і зелену масу в Білорусії /Л.Б. Наймарк, П.М. Шерснев, Г.А. Жолік; Білорус. с.-г. акад. - Гірки, 1990. - 43 с.

47. Новиков, Л. В. Використання ріпаку в годівлі великої рогатої худоби: оглядова інформ. / Л. В. Новиков; ВАСГНІЛ, ВНДІ інформ. і техн.-екон. дослідні. агропром. комплексу. - М., 1991. – 61 с.

48. Недогризків, Є.П. Новий метод оцінки розподілу насіння в рядках / Огризко Е.П., Огризко В.Є., Огризко П.В. // Техніка в сільському господарстві, - 2005. - № 4. – С. 48.

49. Основні шляхи економії паливно-енергетичних ресурсів в АПК на сучасному етапі: науково-технічна інформація та рекомендації / уклад.: А.А. Мащенко [та ін.]; М-во сіл. госп-ва і про д. Респ. Білорусь [та ін.] .- Мінськ, 2005. - 96 с.

50. ОСТ 70.5.1.-2000. Випробування сільськогосподарської техніки. Машини посівні. Програма і методи випробувань. - Введ. 15.06.2000. - М.: Мінсільгоспсрод, 2000. - 72 с.

51. Перспективна ресурсозберігаюча технологія виробництва ярого ріпаку: метод: рекомендації / підготує.: В.В. Корпачев та ін.; М-во сіл. госп-ва - М.: Інформагротех, 2008. - 56 с.
52. Погорілий П.В. Інженерні методи випробувань сільськогосподарських машин / Л. В. Погорілий. - 2-е видав., Перероб. і доп. - Київ: Техніка, 1991.- 155 с.
53. Розвиток сільського господарства і регулювання ринків сільськогосподарської продукції, сировини і продовольства на 2008-2012 роки, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 14.07.2007 № 446
54. Ріпак ярий: огляд, бібліографія / Р. Б. Нурлигаянов [та ін.]; Рос. акад. с.-г наук, Наук.-дослід. ін-т сель, госп-ва центр, р-нів Нечорноземної зони. - М., 2008. - 222 с.
55. Рекубрацького, Г.М. Сучасні технології сівби і машини для їх виконання / Г.М. Рекубрацького // Землеробство. - 1987. - №4. - С. 62-63.
56. Сафіоллін Ф.Н. Ресурсозберігаюча технологія вирощування олійних культур / Ф.Н. Сафіоллін, // Зернове господарство. - 2006. -N1. - С. 26-27.
57. Семенов, А.Н. Зернові сівалки / О.М. Семенов. - Київ.: Машвид, 1959. - 318 с.
58. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 1. Машини для рільництва / Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. // за ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 382 с.
59. Врожайність насіння ярого ріпаку в залежності від норм і способів посіву: інформ. листок № 29-84 / Київська ЦНТІ; упоряд.: Калина Галина Юхимівна - Перм, 1984. - 4 с.
60. Устинов, А.Н. Машини для посіву та посадки сільськогосподарських культур: навч. посібник / Олександр Никифорович Устинов. - М.: Агропромвидат, 1989: - 156 с.
61. Фізико - механічні властивості рослин, ґрунтів і добрив. - М.: Колос, 1970.- 422с.
62. Шмат К.І. Методи і принципи проектування сільськогосподарських машин і агрегатів [Текст]: навч. посіб. / Шмат К. І., Сисолін П. В, Самарін О. Є. та ін. - Херсон : ОЛДІ-плюс, 2004. - 176 с.

# ДОДАТКИ

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО -  
ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра ТСГМ

**Обґрунтування конструктивно-технологічних  
параметрів висівного апарату зернової сівалки**

Демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня «Магістр»

**Виконав: студент 2го курсу, групи МГАН-23**  
Васильєв Віталій  
Іванович

**Керівник: к.т.н, доцент**  
Пономаренко Наталія Олександрівна

**Дніпро 2024**

**Метод** болу досконален процесу і в дрібнонасіненуль турідвищення місних показників рахунозастосувану шкочевинтовосі іноапарату.

### **Задаті дослідження**

1. Провестеоретидіс піджені процеси і на і н і р і б н о н а с і н н е в у л ь т у р у ш к о в и г в и н т о в и с і в н и а п а р а т о м
2. Обрунтувалпараметр режимроботыотушкочевинтовосі іноапаратакі забезпечуємірнрідзподілісі іноа матеріалуплощивлення.
3. Визначилісні показникироботыотушкочевинтовосі іноапарату.
4. Розрахувавжонічвурективні і шкочевинтові і валкы котушкочевинтовил висівні апаратом

**Об'єкт** дослідження технологічного процесу і в дрібнонасіненуль турідвищення місних показників рахунозастосувану шкочевинтовосі іноапарату.

**Предмет** дослідження мірності процесу взаємодії і в і с н а с і н н е в у л ь т у р з р о б о ч и м и поверхнями котушкового гвинтового висівного апарату.



# Аналіз конструкції висівних апаратів котушкового типу для сівби дрібнонасіневих культур

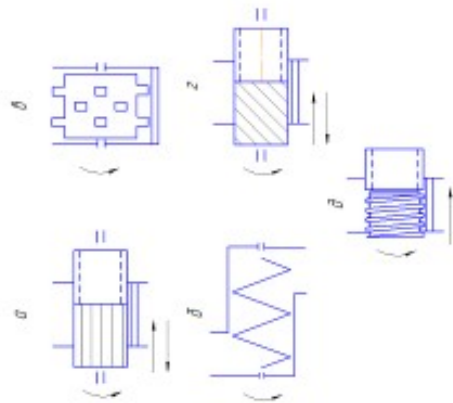


Рис. 1. Схеми висівних апаратів  
 а - котушкова котушкова; б - шнекова;  
 в - шнекова; г - котушкова з жолобком;  
 розташованим по зовнішньому краю; д - котушкова з внутрішнім

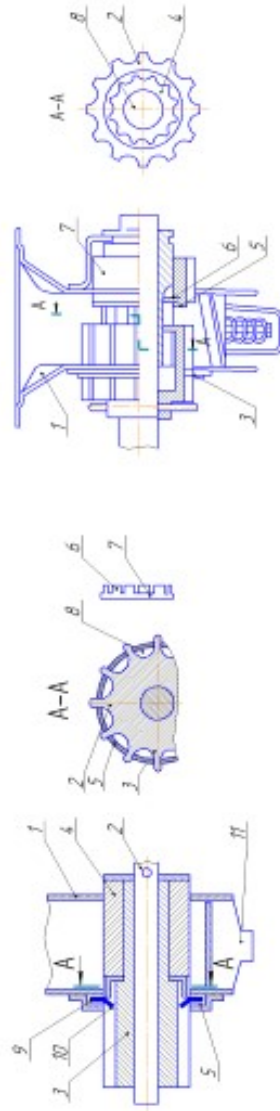


Рис. 2. Конструктивні висівні апарати  
 з пристосуваннями для висіву дрібнонасіневих культур

1 - корпус; 2 - вал; 3 - котушка; 4 - муфта; 5 - шпindel;  
 6 - рейка; 7 - жолобок; 8 - лезо; 9 - розетка; 10 - напінювальний

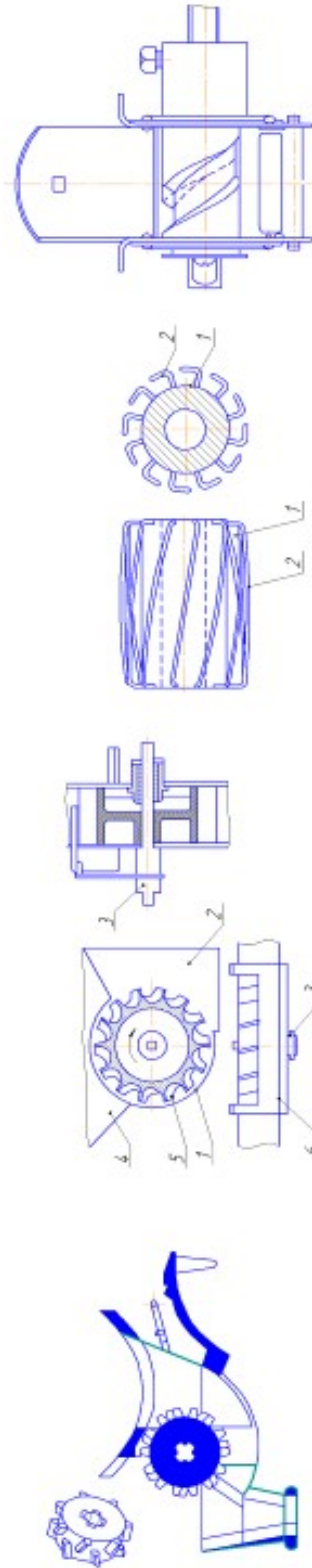


Рис. 3. Висівний апарат  
 1 - корпус; 2 - котушка з великим діаметром; 3 - б - розетка;  
 4 - котушка з меншим діаметром; 5 - муфта; 7 - фіксатор; 8 - вал

Рис. 4. Двобочна котушка висівного апарату  
 з лезом виступом

Рис. 5. Котушкова висівний апарат  
 1 - діючий корпус; 2 - напінювальний кістяк;  
 3 - пружинний вал; 4 - котушка; 5 - лезо жолобка; 6 - муфта

Рис. 5. Висівний апарат  
 1 - барабан; 2 - шпindel

Рис. 6. Висівний апарат А.С. Белева

# Теоретичні дослідження робочого процесу висіву насіння ріпаку котушковим гвинтовим висівним апаратом

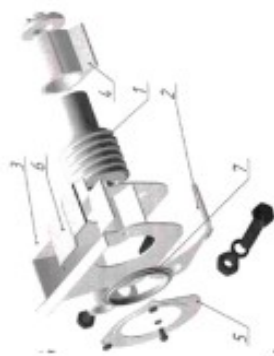


Рис. 1 Зовнішній вигляд котушкового гвинтового висівного апарату:  
1 - корпус; 2 - колесо; 3 - кірди; 4 - муфта;  
5 - наконечник; 6 - палиця; 7 - розетка

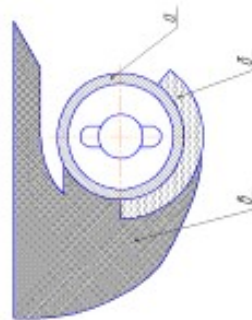


Рис. 2 Вид з боку насіння матеріалу при роботі котушкового гвинтового висівного апарату:  
 $r$  - радіус колі;  $\varphi$  - кут обертання

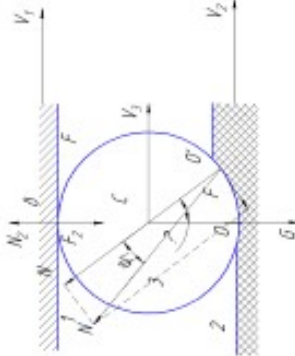


Рис. 3 Схема взаємодії насіння: маси однієї насінниці і лобовий контур гвинтового висівного апарату:  
1 - лобовий контур гвинтового висівного апарату;  
2 - насіння;  $\alpha$  - кут обертання;  $\beta$  - кут обертання;  $\gamma$  - кут обертання

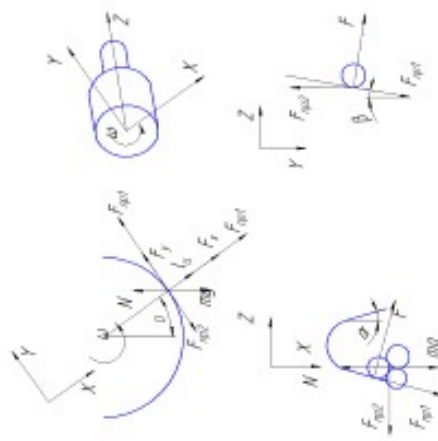


Рис. 4 Сили діють на насіння в котушковому гвинтовому висівному апараті:  
1 - сила тяжіння; 2 - сила реакції апарату; 3 - сила реакції апарату; 4 - сила реакції апарату;  
5 - сила реакції апарату; 6 - сила реакції апарату; 7 - сила реакції апарату; 8 - сила реакції апарату;  
9 - сила реакції апарату; 10 - сила реакції апарату; 11 - сила реакції апарату; 12 - сила реакції апарату;  
13 - сила реакції апарату; 14 - сила реакції апарату; 15 - сила реакції апарату; 16 - сила реакції апарату;  
17 - сила реакції апарату; 18 - сила реакції апарату; 19 - сила реакції апарату; 20 - сила реакції апарату;  
21 - сила реакції апарату; 22 - сила реакції апарату; 23 - сила реакції апарату; 24 - сила реакції апарату;  
25 - сила реакції апарату; 26 - сила реакції апарату; 27 - сила реакції апарату; 28 - сила реакції апарату;  
29 - сила реакції апарату; 30 - сила реакції апарату; 31 - сила реакції апарату; 32 - сила реакції апарату;  
33 - сила реакції апарату; 34 - сила реакції апарату; 35 - сила реакції апарату; 36 - сила реакції апарату;  
37 - сила реакції апарату; 38 - сила реакції апарату; 39 - сила реакції апарату; 40 - сила реакції апарату;  
41 - сила реакції апарату; 42 - сила реакції апарату; 43 - сила реакції апарату; 44 - сила реакції апарату;  
45 - сила реакції апарату; 46 - сила реакції апарату; 47 - сила реакції апарату; 48 - сила реакції апарату;  
49 - сила реакції апарату; 50 - сила реакції апарату; 51 - сила реакції апарату; 52 - сила реакції апарату;  
53 - сила реакції апарату; 54 - сила реакції апарату; 55 - сила реакції апарату; 56 - сила реакції апарату;  
57 - сила реакції апарату; 58 - сила реакції апарату; 59 - сила реакції апарату; 60 - сила реакції апарату;  
61 - сила реакції апарату; 62 - сила реакції апарату; 63 - сила реакції апарату; 64 - сила реакції апарату;  
65 - сила реакції апарату; 66 - сила реакції апарату; 67 - сила реакції апарату; 68 - сила реакції апарату;  
69 - сила реакції апарату; 70 - сила реакції апарату; 71 - сила реакції апарату; 72 - сила реакції апарату;  
73 - сила реакції апарату; 74 - сила реакції апарату; 75 - сила реакції апарату; 76 - сила реакції апарату;  
77 - сила реакції апарату; 78 - сила реакції апарату; 79 - сила реакції апарату; 80 - сила реакції апарату;  
81 - сила реакції апарату; 82 - сила реакції апарату; 83 - сила реакції апарату; 84 - сила реакції апарату;  
85 - сила реакції апарату; 86 - сила реакції апарату; 87 - сила реакції апарату; 88 - сила реакції апарату;  
89 - сила реакції апарату; 90 - сила реакції апарату; 91 - сила реакції апарату; 92 - сила реакції апарату;  
93 - сила реакції апарату; 94 - сила реакції апарату; 95 - сила реакції апарату; 96 - сила реакції апарату;  
97 - сила реакції апарату; 98 - сила реакції апарату; 99 - сила реакції апарату; 100 - сила реакції апарату

Рухомі сили насіння:

$$F = \frac{N}{\cos \varphi} \sin(\mu + \varphi), \quad (1)$$

де  $N$  - реакція апарату;  
 $\varphi$  - кут збільшення перетин між насінням насіння і маси;  
 $\mu$  - кут тертя

Для того щоб насіння перемістилося по насінню маси потрібно зробити

$$F) = \frac{mg \sin(\mu + \varphi)}{\cos \varphi}, \quad (2)$$

Враховуючи рухому силу  $F$  як силу перетин

$$F = F_1 + F_2 + F_3 + F_4, \quad (3)$$

де  $F_1$  - кут перетин між насінням і лобовим висівним апаратом

Відстань  $L$  між (2) і (3) апарату (3) отримався умовою при діюванні сили насіння на насіння маси

$$F_1) = \frac{mg \sin(\mu + \varphi)}{\cos \varphi}, \quad (4)$$

# Теоретичні дослідження робочого процесу висіву насіння ріпаку катушковим гвинтовим висівним апаратом

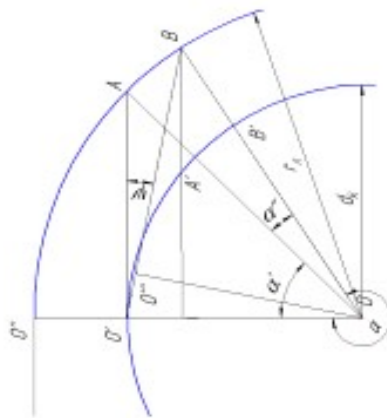


Рис. 5. Геометричні параметри ланки висівного апарату.

Для забезпечення заглиблення насіння між висівним апаратом і ланкою необхідно дотримуватися умов:

$$r_1 \geq \frac{D_1}{2} + 2d_{\text{нас}} \quad (5)$$

де  $D_1$  – діаметр катушки висівного апарату, мм;  
 $d_{\text{нас}}$  – максимальна середня лінійка діаметр насіння, мм;  
 Радіус заокруглення ланки визначається з умов:

$$r_2 \geq \frac{D_2}{2} + 2d_{\text{нас}} \quad (6)$$

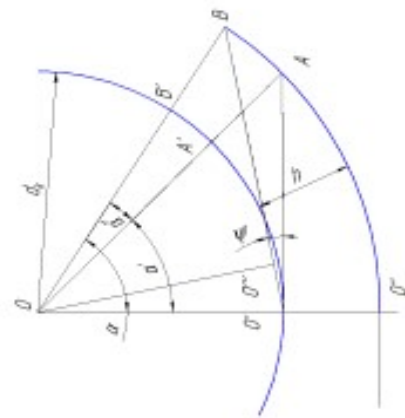
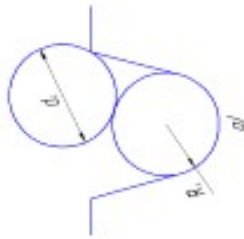
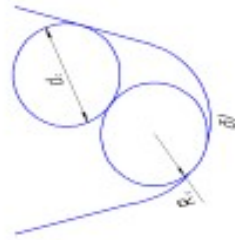


Рис. 6. Геометричні параметри ланки висівного апарату.

$$R = d/2$$



$$R = 3d/4$$



$$R = d$$

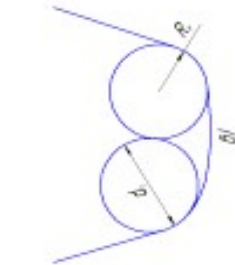


Рис. 7. Параметри роботи катушки конусовидого гвинтового висівного апарату.

$d$  – радіус жолоба дробачки ланки діаметру насіння;

$\delta$  – лобовий профіль;  $\delta$  – радіус жолоба дробачки діаметру насіння

Розмірним профілем жолоба є лобовий профіль з радіусом жолоба, рівним

$$R_n = \frac{3}{4}d \quad (9)$$

Кут обхвату катушки ланкою визначається

$$\alpha_n = \pi + \arcsin \frac{D_1}{D_1 + 4d_{\text{нас}}} \quad (7)$$

Ширину ланки дробачки шарнир двурічкової частини катушки висівного апарату

Кут обхвату катушки ланкою визначається

$$\alpha_n = \pi + \arcsin \frac{D_1}{D_1 + 4d_{\text{нас}}} \quad (8)$$

Ширину ланки шарнирної частини катушки висівного апарату

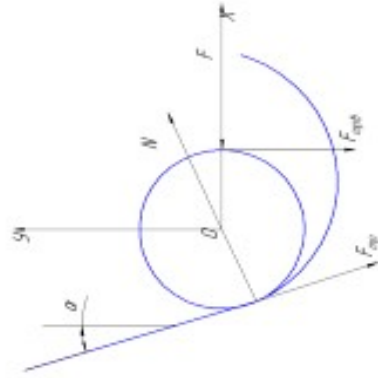


Рис. 8. Сила взаємодії насіння з лобовою жолобою катушки висівного апарату.

# Програма та методика експериментальних досліджень

Адвансність людей найбільшою матеріалу дослідним апаратом  $\varepsilon$  адванс з зрозумілих факторів, що відбуваються зрозумілими і розв'язок рослини. Програма експериментальних досліджень дозволяє дослідити наступні аспекти а) дослідження факторів-впливів на продуктивність насаджень рослин як однієї рослини; б) проведення експериментальних досліджень в лабораторних і польових умовах по утворенню конструйованих і селекційних параметрів культурних ділянок дослідного апарату;

в) перевірка адвансності селекційних і експериментальних ділянок; г) проведення порівняльних лабораторно-польових і господарських досліджень експериментального землі садово-парковою з сортою; д) виміщення експериментально-експертних показників роботи експериментального зразка садово-парковою з сортою.



Рис. 1 Прилад для виміщення показувачів першої ступіні дослідження матеріалу по різних лабораторних лабораторних матеріалах; 1 - столик; 2 - лінза окуляра; 3 - рамка з досліджуваним матеріалом; 4 - досліджувані лабораторні; 5 - досліджувані ділянки

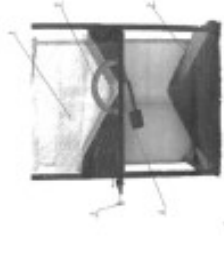


Рис. 2 Прилад для виміщення кута паралельного наклону; 1 - бумажка; 2 - досліджуваний матеріал; 3 - діаметр регулювання шириною зазору; 4 - регулюваний зазор; 5 - кутир.



Рис. 3 Схема утворення кута паралельного наклону матеріалу

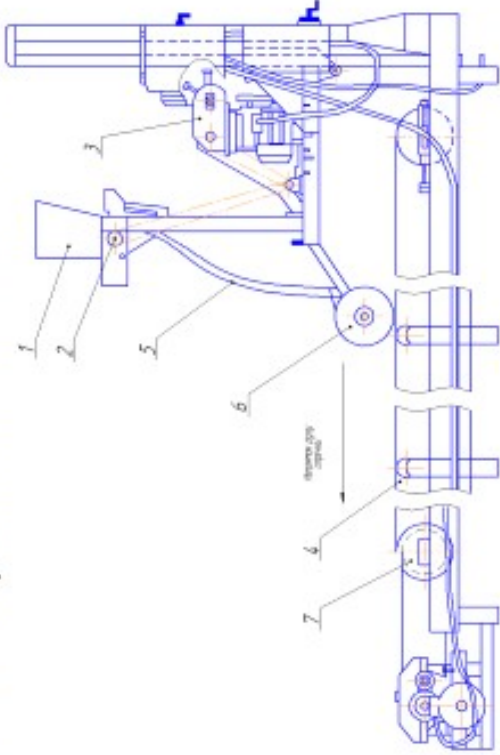


Рис. 4 Схема конструкції спеціальної пристрою для дослідження розширення ділянок рослини; 1 - джерело світла; 2 - експериментальний дослідний апарат; 3 - регулятор частоти обертання корпусу дослідного апарату; 4 - трансформатор струма з лінійним шунтом; 5 - навісний апарат; 6 - столик; 7 - шкала

Математична суть записується показником нерівності розподілу масивів  $I$  рейдів формулою

$$I = \left[ \frac{N_s}{N_s + 1} \right] \cdot B \quad (1)$$

де  $I \leq 1$  - показник рівності розподілу;  $N_s$  - середня арифметична рейдів дослідження;

$B$  - складність масиву;

Рівність розподілу рослин вважається тим більше чим  $P$  ближче до однієї. Показник рівності  $P$

$P$  визначається за формулою  $P = \frac{\sum X_i}{N}$  і  $P$  називають статистичним параметром дійства по залежності:

$$X_i = \sum X_i / N \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(N-1)}} \quad (3)$$

$$r = \sigma_i \sqrt{N} \quad (4)$$

$$V = \sigma / X_m \quad (5)$$

$$r = (X_i - X_j) \sqrt{N} \cdot \sigma \quad (6)$$

де  $X_i$  - дослідне значення дослідження ділянки;  $N$  - число досліджуваних ділянок;

$\sigma$  - середнє квадратичне відхилення;  $V$  - коефіцієнт варіації;

$X_m$ ,  $X_n$  - середнє арифметичне першого і другого рейдів;

$r$ ,  $P$  -  $N$  потім.

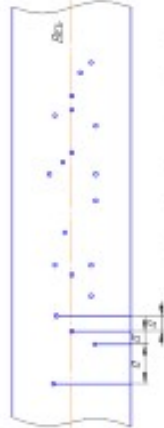


Рис. 5 Методика дослідження ділянок між масивами

# ОСНОВНІ ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ

Назва показників	Агрегат		Різниця, (+/-)
	МТЗ-892 + Astra 3,6	МТЗ-892 + Astra 3,6	
1. Балансова вартість сівалки, грн.	185000	196650	+11650
2. Продуктивність, га/год	2,1	2,52	+0,42
3. Затрати праці, люд.-год/га.	0,95	0,79	-0,16
4. Прямі експлуатаційні витрати, грн./га в т.ч.:	562,22	453,125	-109,095
- оплата праці, грн./га	136,25	130,21	-6,04
- відрахування на реновацію, грн./га	30,88	23,87	-7,01
- відрахування на ремонті і ТО, грн./га	186,53	136,57	-49,96
- витрати на ПММ, грн./га	208,55	162,475	-46,075
Приведені витрати, грн./га	272,64	222,65	-49,99
Врожайність, т/га	2,3	3,2	+0,9
5. Річний економічний ефект, грн./га	17280		
6. Строк окупності витрат на удосконалення сівалки, років	0,67		



## Загальні висновки

1. В результаті аналізу технічних рішень для посіву дрібнонасіневих культур було встановлено, що основними недоліками існуючих котушкових висівних апаратів є нерівномірність подачі насіння (пульсація висіву) і їх травмування. Одним з перспективних способів усунення даних недоліків є використання котушкового гвинтового висівного апарату.
2. Теоретично досліджено ступінь впливу конструктивних і технологічних факторів котушкового гвинтового висівного апарату на характер руху насіння у висівній системі, рівномірність розподілу насіння вздовж рядка і висівної здатності.
3. Отримано регресійні моделі процесу розподілу насіння вздовж рядка  $Y$ , висівної здатності  $N$  і травмування насіння  $T$ , аналіз яких показав, що найбільший вплив на якісні показники процесу висіву становлять фактори: глибина жолобка  $H$ , крок гвинтової лінії  $S$  і частота обертання котушки  $n$ , що підтвердило теоретичні передумови.

4. Встановлено раціональні значення параметрів: глибину жолобка  $H = 4$  мм, крок гвинтової лінії  $S = 8$  мм, частоту обертання котушки  $n = 0,1$  с<sup>-1</sup>. При цьому досягається максимальне значення показників рівномірності розподілу насіння вздовж рядка  $Y = 77\%$ , травмування посівного матеріалу  $T$  менше 1%.

5. Встановлено, що використання сівалки Astra 3,6, котра обладнана експериментальними котушковими гвинтовими висівними апаратами, дасть змогу отримати річний економічний ефект у сумі 17280 грн./га в порівнянні з серійною з терміном термін окупності на вдосконалення 0,67 року.

**Доповідь закінчено!**

**Дякую за увагу**