

**ДНІПРОВСЬКИЙ 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

**Підвищення точності висіву шляхом удосконалення  
процесу дозування насіння пневмомеханічної  
сівалки**

**Виконав:** студент 2 курсу, групи МГМ-1-20

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Светлицький Дмитро Миколайович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Сокол Сергій Петрович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

В.о. завідувача кафедри  
тракторів і сільськогосподарських машин

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

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

Светлицький Дмитро Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

**1. Тема роботи:** Підвищення точності висіву шляхом удосконалення процесу дозування насіння пневмомеханічної сівалки

керівник роботи Сокол Сергій Петрович к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«17» листопада 2021 року № 3539

**2. Строк подання студентом роботи** 9.12.2021 р.

**3. Вихідні дані до роботи** Огляд стану питання в галузі машин для точного висіву просапних культур. Аналіз літературних джерел, винаходів, останніх досліджень за обраною тематикою.

**4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання і завдання досліджень. 2. Теоретичні дослідження. 3. Експериментальні дослідження. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5. Економічна ефективність роботи. Висновки. Список використаних джерел

## 5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі досліджень. Аналіз (2 аркуші, А4). 2. Теоретичні дослідження (4 аркуші, А4). 3. Експериментальні дослідження (4 аркуші, А4) 4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (1 аркуш, А4)

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Сокол С. П., доцент		
2	Сокол С. П., доцент		
3	Сокол С. П., доцент		
4	Кравець В.В., доцент		
5	Вініченко І.І, професор		
нормоконтроль	Теслюк Г.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 4.10.2021р

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 15.10.2021 р.	
2	Теоретичний	до 28.10.2021р.	
3	Експериментальний	до 20.11.2021 р.	
4	Охорона праці	до 26.11.2021 р.	
5	Економічний	до 3.12.2021 р.	
6	Демонстраційна частина	до 9.12.2021р.	

Студент

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Светлицький Д. М.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ ( підпис )

Сокол С. П.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

№ п/п	форм	Позначення	Найменування	Кіл.	Приміт.
			<u>Текстові документи</u>		
A			Пояснювальна записка	85	
			<u>Демонстраційні матеріали</u>		
A			Мета і задачі досліджень.	2	
A			Теоретичні дослідження	4	
A			Експериментальні	4	
A			Економічні показники	1	
A			Висновки	1	

Подп. и дата	
Взам. инв. №	
Инв. № дубл.	
Подп. и дата	
Инв. № подл.	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

**52.ДР.042.000.000.РД**

Розроб.	Светлицький			
Перев.	Сокол С.П.			
Т. контр.				
Н. контр.	Теслюк Г.В.			
Зат.	Теслюк Г.В.			

Відомість дипломної  
роботи

Літ.	Арк.	Аркушів
	4	85
ДДАЕУ МЗМ-1-20		

## РЕФЕРАТ

Светлицький Д.М. Підвищення точності висіву шляхом удосконалення процесу дозування насіння пневмомеханічної сівалки/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2021.

Дипломна робота присвячена підвищенню точності висіву шляхом удосконалення процесу дозування насіння пневмомеханічної сівалки точного висіву.

Запропоноване удосконалення процесу дозування дозволить зменшити кількість пропусків насіння та підвищить точність висіву насіння за рахунок запропонованої конструкції розвантажувача комірок для дискових висівних апаратів пневмомеханічних сівалок.

Використавши вихідні дані кафедри тракторів і сільськогосподарських машин проведено теоретичні та лабораторні дослідження. Проведено розрахунки та встановлено залежності точності висіву насіння від форми та розмірів розвантажувача комірок дозатора пневмомеханічної сівалки.

Розроблено методикау та проведено дослідження впливу конструктивно-технологічних параметрів дозуючого пристрою на якісні показники роботи удосконаленої сівалки.

За результатами проведених теоретичних та лабораторних досліджень встановлено оптимальні значення конструктивно-технологічних параметрів дозуючого пристрою здатних забезпечити найліпші показники роботи (точність висіву, коефіцієнт варіації) пневмомеханічної сівалки. Розроблено питання з охорони праці при експлуатації сівалок. Виконано економічне обґрунтування запропонованого удосконалення.

Ключові слова: точний висів, насіння, висівний апарат, коефіцієнт варіації розподілення насіння, дозатор, висівний диск.

## ЗМІСТ

Вступ	8
1 Стан питання і завдання досліджень	11
1.1 Особливості процесу посіву просапних культур	11
1.2 Шляхи підвищення точності висіву сівалок для посіву просапних культур	14
1.3 Аналіз висівних апаратів для посіву просапних культур	15
1.4 Аналіз наукових досліджень з однонасінного точного висіву	24
1.5 Висновки	27
1.6 Мета і завдання досліджень	27
2 Теоретичні дослідження	29
2.1 Теоретичні передумови удосконалення пневмомеханічної сівалки точного висіву	29
2.2 Удосконалення дозуючого пристрою пневмомеханічної сівалки точного висіву	29
2.3 Теоретичне дослідження процесу відбору насіння дозатором висівного апарата	32
2.4 Теоретичне дослідження процесу розвантаження комірок дозатора висівного апарату	39
2.5. Висновки	44
3 Експериментальні дослідження	46
3.1 Програма та методика досліджень	46
3.2 Об'єкт досліджень	46
3.3 Дослідження фізико-механічних властивостей насіння просапних культур	49

3.4 Дослідження роботи електроклапана	55
3.5 Дослідження точності висіву удосконаленої пневмомеханічної сівалки	58
3.6 Висновки	63
4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	64
4.1 Організація охорони праці	64
4.2 Стан охорони праці	65
4.3 Аналіз виробничого травматизму	66
4.4 Вимоги з охорони праці під час експлуатації машино-тракторного агрегату на посіві	67
4.5 Заходи по поліпшенню охорони праці та безпеки в НС	69
4.6 Висновок	71
5 Техніко-економічне обґрунтування роботи	72
Висновки	79
Загальні висновки	80
Список використаних джерел	82

## ВСТУП

### *Актуальність роботи.*

Врожайність сільськогосподарських культур в значній мірі залежить від ефективності виконання всього комплексу технологічних операцій. Важливе місце у комплексі технологічних операцій посідає процес посіву, адже своєчасність і якість його виконання впливає на проростання насіння, та подальші витрати праці і кошти на вирощування сільськогосподарських культур.

Головним завданням сівби являється оптимальне розміщення насіння в ґрунті. Сівба, як технологічний процес, повинна забезпечити: висів встановленої кількості насіння на одиницю площі згідно агрономічних вимог, рівномірне розміщення його на площі поля, посів на задану глибину.

В Україні сівбу насіння сільськогосподарських культур повністю механізовано. Існуюча посівна техніка не завжди відповідає вимогам щодо продуктивності, якості сівби, надійності і потребує подальшого удосконалення, покращення технічного обслуговування і підготовки до роботи згідно умов виробництва. Розвиток технологій вирощування сільськогосподарської продукції визначає якісно нові напрямки розвитку посівних машин.

Важливою умовою отримання високих і стабільних урожаїв є забезпечення сприятливих умов для проростання насіння і розвитку рослин, з раціональним використанням поживних речовин, вологи і сонячної енергії, за рахунок рівномірного розміщення насіння по площі, що засівається.

Враховуючи технології вирощування насіння просапних культур необхідно висівати сівалками на яких встановлено вакуумні апарати точного висіву. Це високотехнологічні машини, які мають добрі показники роботи представлені в широкому асортименті на ринку України. В міру своєї технологічності дані апарати мають досить високу вартість, що являється одним із недоліків апаратів точного висіву. Більшість фермерських господарств на даний час продовжують використовувати більш простіші та доступніші



сівалки з апаратами котушкового. Ці сівалки не забезпечують сталу сівбу малими нормами, мають високу нерівномірність висіву та пошкоджують насіння.

Актуальним буде вирішення питання з удосконалення пневмомеханічного висівного апарата, який за своєю простотою та вартістю матиме переваги механічних апаратів, а за якістю посіву не уступатиме пневматичним апаратам.

**Мета і завдання дослідження.** Мета роботи - підвищення точності висіву шляхом удосконалення процесу дозування насіння пневмомеханічної сівалки.

**Завдання дослідження:**

- на основі проведеного аналізу обґрунтувати структуру та шляхи підвищення точності висіву просапних культур;
- провести теоретичні дослідження процесу відбору насіння та розвантаження комірок дозатора висівного апарату;
- провести експериментальні дослідження впливу конструктивно-технологічних параметрів дозуючого пристрою на якісні показники роботи удосконаленої сівалки. Встановити бажані значення конструктивно-технологічних параметрів дозуючого пристрою здатних забезпечити найліпші показники роботи (точність висіву, коефіцієнт варіації розподілення насіння) пневмомеханічної сівалки.

**Об'єктом досліджень** є процес дозування насіння пневмомеханічної сівалки для посіву просапних культур.

**Предметом досліджень** є обґрунтування параметрів розвантажувача комірок дозуючого пристрою пневмомеханічної сівалки.

**Методи дослідження.** Робота виконана з використанням лабораторного обладнання з застосуванням стандартних методик, з цифровою обробкою матеріалів досліджень. Теоретичних дослідження ґрунтувалися на положеннях механіки, математичного аналізу та моделювання. . Результати

експериментальних досліджень оброблено із використанням положень математичної статистики і ПЕОМ.

#### **Наукова новизна роботи:**

- розроблено методику розрахунку основних параметрів дозуючого пристрою з розвантажувачем комірок;

- встановлено діапазони конструктивно-технологічних параметрів дозуючого пристрою;

- розроблено спосіб дозування насіння, з використанням незалежного приводу

- для оцінки впливу дозуючого пристрою на якість процесу однонасінневого висіву вперше виконано комплексне обґрунтування його конструктивно-кінематичних параметрів з урахуванням механіко-технологічних властивостей насіння просапних культур (кукурудзи, сої та соняшнику).

#### **Практичне значення одержаних результатів.**

Отримані результати роботи дозволили визначитися з оптимальними значеннями основних конструктивно-експлуатаційних параметрів дозуючого пристрою з розвантажувачем комірок (витіснювачем) дозатора пневмомеханічної сівалки, для забезпечення підвищення точності висіву.

**Публікації.** За результатами проведеної роботи опубліковано тези Светлицький Д.М. Підвищення точності висіву шляхом удосконалення процесу дозування насіння пневмомеханічної сівалки /С.П. Сокол, Д.М. Светлицький // в збірнику матеріалів XVII міжнародної науково-практичної конференції, «Перспективні питання світової науки – 2021».: м. Софія, Болгарія.

## 1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1 Особливості процесу посіву просапних культур

Найбільш поширеними просапними культурами в сільськогосподарських господарствах України на сьогоднішній час є кукурудза, яка займає перше місце за площами посіву, соняшник який знаходиться на другій позиції та соя що займає третю позицію.

Важливим фактором в отриманні високих врожаїв наведених вище просапних культур [1, 2] є площа їх живлення. Найбільш повне використання рослинами поживних речовин, сонячної енергії та вологи досягається шляхом рівномірного їх розміщенні на площі живлення [3]. Порушення оптимальної площі живлення та її конфігурації за нерівномірного розподілення насіння на полі призводить до погіршення умов розвитку, збільшенню кількості бур'янів і, в кінцевому випадку, зниженню врожайності.

Оптимальна площа живлення для сої, залежить від родючості ґрунтів і знаходиться в межах 0,2-0,24 м<sup>2</sup>, соняшника 0,17-0,22 м<sup>2</sup>, кукурудзи 0,09-0,12 [4, 5]. Щоб забезпечити рослинам таку площу живлення, при широкорядному посіві з міжряддям 70 см, відстань між рослинами в рядку повинна бути рівною відповідно для сої 4...6,2 см, соняшнику 18-20 см, кукурудзи 12-16 см.

Важливим фактором, що впливає на формування оптимального стеблостою і високого врожаю є норма висіву насіння. Врахувавши вище наведену інформацію норма висіву насіння становитиме відповідно для сої 70-120 кг/га, соняшнику 15-20 кг, кукурудзи 10-25 кг/га. Якщо у рядковій висіяно більшу кількість насіння, то розміри качанів кукурудзи, голів соняшнику

насіння сої зменшуються, збільшується кількість недогонів (нерозвинених зав'язей), що знижує вихід товарної продукції.

Так, наприклад, соняшник і сою можна висівати двома способами [5-7] : звичайним рядковим (рис. 1, а) і широкорядним пунктирним (рис. 1, г) . При рядковому посіві на 1 га висівається 800 тис. схожого насіння сої , при 100 % схожості. Якщо схожість насіння сої складає 90 % і умови вирощування не сприятливі, норма висіву збільшується на 10 % і складе від 900 тис/га. При широкорядному посіві (ширина міжрядь 45 см) на 1 га висівається 600 тис. схожих насінин при 100 % схожості. З урахуванням поправок на схожість і на умови вирощування норма висіву сої при широкорядному посіві може бути від 70 до 90 кг/га насіння. Висів насіння сої вище заданих норм призводить до слабкого розвитку рослин, зниження їх стійкості до вилягання. Загущення посівів погіршує мікроклімат, що призводить до ушкодження рослин грибковими хворобами і зниження врожайності насіння [8].

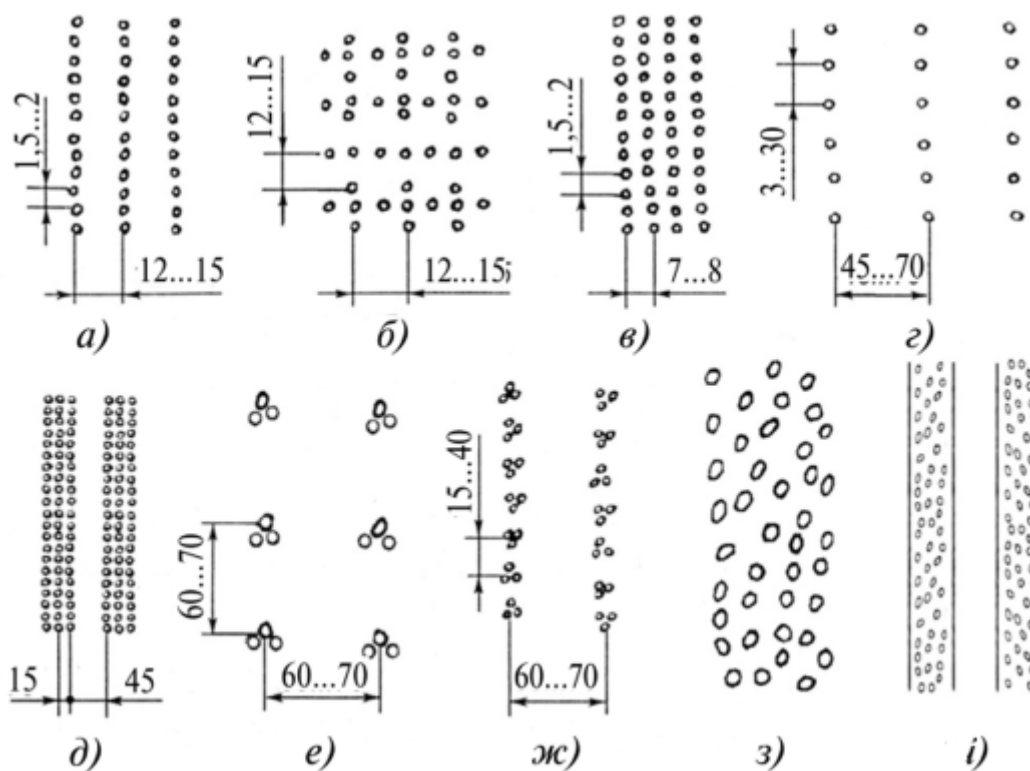


Рисунок 1.1 – Способи посіву сільськогосподарських культур

а – рядковий; б – перехресний; в – вузькорядний; г – широкорядний  
пунктирний; д – стрічковий; е – квадратно-гніздовий; ж – гніздовий;  
з – розкидний; і – смуговий

При рядковому посіві соняшнику на 1 га висівається 75 тис. схожого насіння, при 100 % схожості. Якщо схожість насіння складає 85 % норма висіву збільшується на 15 % і складе від 86 тис/га. При широкорядному посіві (ширина міжрядь 70 см) на 1 га висівається 56 тис. насінин при 100 % схожості. Норма висіву соняшнику при широкорядному посіві становить від 15-18 кг/га. Висів насіння соняшнику з перевищенням норм призводить до слабкого розвитку рослин та зменшення розмірів насінників, зростання розвитку грибковими хворобами і зниження врожайності культури [7].

Ще одним не менш важливим фактором, що впливає на подальший розвиток після посіву являється глибина розміщення насіння в ґрунті. Відхилення від встановлених норм призводить до уповільнення процесу вегетації (збільшення глибини висіву) рослини розвивають кволими, стебла тонкими, а також можлива часткова загибель паростків.

Відхилення глибини посіву від заданої на 22...33% знижує врожайність сільськогосподарських культур на 12...23%, в посушливих регіонах на 28...43%. Відхилення від встановлених норм закладення насіння в ґрунт призводить до збільшення норми висіву на 8..12%, що пов'язано з зниженням польової схожості та появою слабких рослин [7].

Глибина ходу сошника, в реальних умовах, часто не відповідає заданому значенню. Це пов'язано з впливом таких факторів як: властивості ґрунту, швидкість агрегату, конструкція сошника, строкатість (нерівність) поверхні поля та інші. Згідно агрономог не менше 92% насіння повинно знаходитися на встановленій глибині, допускається відхилення не більше  $\pm 15\%$ .

Аналізуючи вище наведену інформацію можна зробити висновок, що застосування широкорядного способу вирощування таких культур, як соя, кукурудза та соняшник знижує витрати на насіннєвий матеріал та забезпечує

необхідну поживну площу що позитивно впливає на приріст врожайності вирощуваних культур. До негативних сторін можна віднести більш інтенсивну вегетацію бур'янів, що збільшує інтенсифікацію застосування механічних операцій по боротьбі з ними, або збільшення хімічного впливу на вирощувану продукцію в процесі використанні гербіцидів.

Ефективність використання широкорядного посіву багато в чому залежить від точності розподілення насіння вздовж рядка та розміщення його на заданій глибині. Цей показник в першу чергу забезпечується якістю роботи висівних апаратів та сошників.

Точна сівба характеризується тим, що рядки рослин в полі розташовують один від одного на певній відстані, а в кожному рядкові розміщують насіння на однаковій відстані між собою. Сівалки точного висіву характеризуються секційним розташуванням робочих органів з індивідуальним приводом до кожного висівного апарата, що дозволяє їм краще копіювати поверхню поля і забезпечувати достатньо рівномірну глибину загортання насіння у ґрунт. Це високотехнологічні машини, які мають добрі показники роботи. В міру своєї технологічності дані апарати мають досить високу вартість, що являється одним із недоліків апаратів точного висіву.

## **1.2 Шляхи підвищення точності висіву сівалок для посіву просапних культур**

Для посіву насіння просапних культур розроблено велику кількість посівної техніки з висівними апаратами різноманітної конструкції. Основною вимогою, при проектуванні посівної техніки для сівби просапних культур, являється підвищення рівномірності висіву насіння та зменшення його травмування.

Підвищенню якісних показників роботи посівної техніки присвячені роботи багатьох науковців, а саме: В.П. Горячкіна, П.М. Василенка,

Л.В. Погорілого, В.П. Чичкіна, Г.М. Бузенкова, С.А. Ма, П.В. Сисоліна, М.О. Свіреня, В.М. Тарасенка та ін. [9-13 ].

Для виконання пунктирного посіву просапних культур, а саме сої, кукурудзи та соняшнику використовуються сівалки з висівними апаратами класифікацію яких наведено на рис. 1.2.

Найбільше поширення для розв'язання цієї задачі отримали механічні та пневмомеханічні висівні апарати. Існуючі висівні апарати, що застосовуються для сівби просапних культур, діляться за технологічними особливостями на апарати групового та однонасінневого висіву.

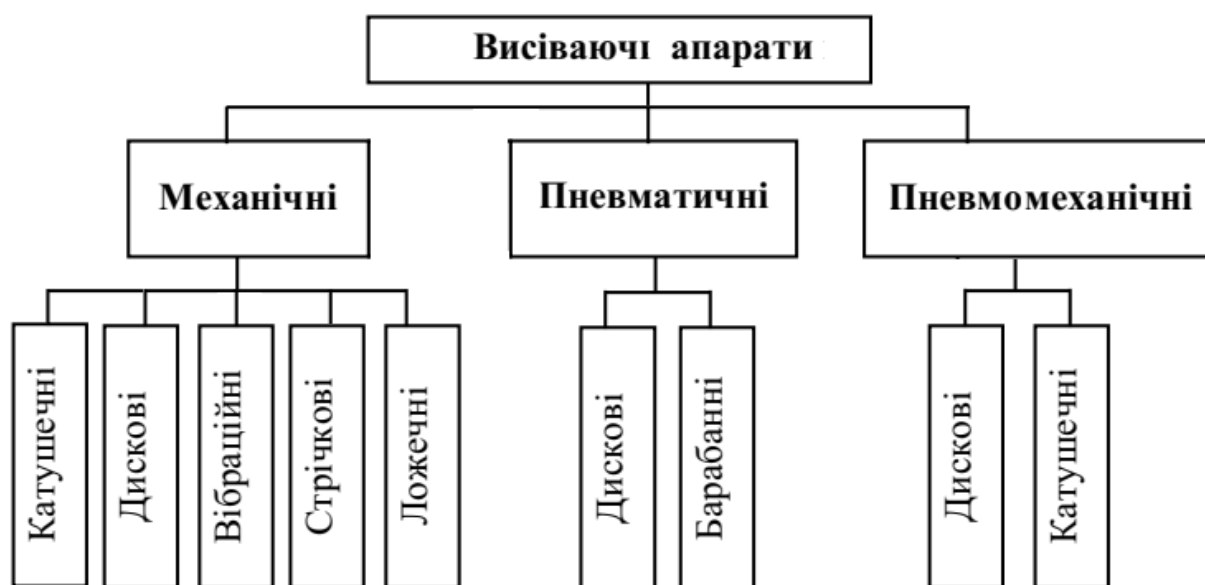


Рисунок 1.2 – Класифікація висівних апаратів

Основними шляхами підвищення точності висіву просапних сівалок перш за все являється удосконалення дозуючих апаратів. Для пневматичних апаратів – це встановлення відбивачів зайвого насіння, підбору оптимального значення величини вакууму пневматичної системи, виготовлення дисків збільшених діаметрів. Для механічних апаратів шляхами підвищення точності висіву являється незалежність приводу дозуючих елементів та встановлення розвантажувачів комірок.

### 1.3 Аналіз висівних апаратів для посіву просапних культур

Для висіву просапних культур використовуються сівалки з катушковими висівними апаратами, які отримали поширення за рахунок простоти конструкції та меншої вартості в порівнянні з більш технологічними пневматичними чи пневмомеханічними висівними апаратами. Катушки таких апаратів мають діаметр в межах 45-50 мм з 9 або 12 жолобками, що застосовується для дозованого відбору насіння.

Основним недоліком катушкових висівних апаратів, являється нерівномірність висіву насіння, особливо при висіві малими нормами насіння [14].

Покращити рівномірність розподілення насіння в рядку можливо застосуванням замість реберчастих катушок [15] барабану із дротовими скобами (рис. 1.3).

Випуском сівалок з катушковими апаратами займаються такі закордонні провідні фірми, як Gaspardo, Amazone, Kverneland Accord, Kuhn/Rauch, Reform, Agrofina, Werke, Fiona, Clark, Nassia Isaria, та ін. На ринкові посівної техніки з катушковими апаратами представлено і розробки вітчизняних виробників: АО «Ельворті» ТМ «Planter», АК «"Фаворит"», та ін.

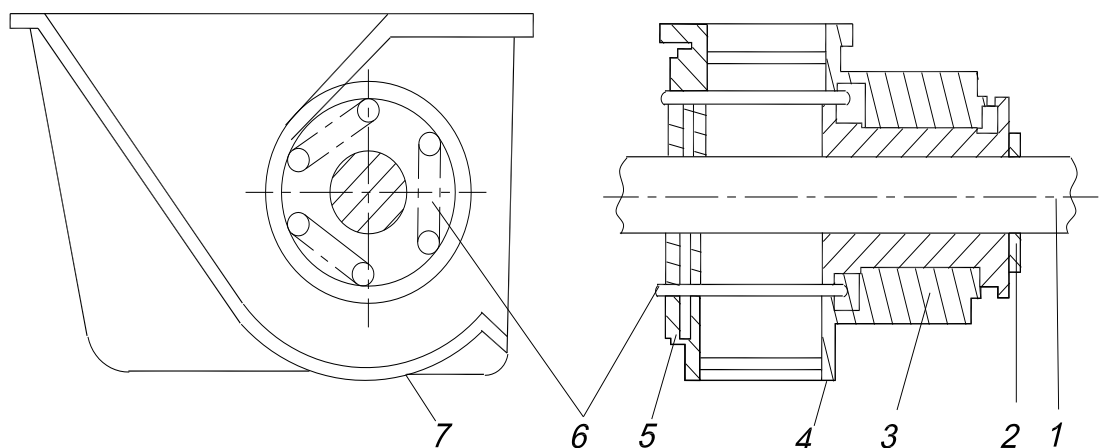


Рисунок 1.2 – Висівний апарат із дротовими елементами:

- 1– вал; 2– втулка; 3 – муфта; 4 – корпус; 5 – розетка;  
6 – знімна П – подібна скоба; 7–денце



Пневмомеханічні однозернові висівні апарати свою назву одержали завдяки тому, що для заповнення висівних отворів насінням встановлена пневматична система, а механічна частина – диски з отворами призначена для виносу насіння з насінневої камери до сошників при обертанні висівного диска. Пневматична система апаратів забезпечує пониження (вакуум) або підвищення робочого тиску (надлишковий тиск) для утримання насіння на виносних дисках. Конструктивних рішень щодо пневмомеханічних висівних апаратів багато, але тільки деякі з них були доведені до виробництва. Основною перевагою пневмомеханічних висівних апаратів є можливість висіву некаліброваного насіння.

Пневмомеханічні апарати, *вакуумної дії* поділяються на дискові та барабанні [9]. Найбільше поширення отримали дискові дозатори висівних апаратів точного висіву. Найбільш поширені просапні сівалки з дисковими дозаторами СУПН-8, УПС-8/12, Vega 16 Profi, Vesta 8 Profi (Україна), «Полісся» СТВ-12 (Білорусь), СПЧ-6/8 (Молдова), «Моноаир», «Нодет», «Пневмасем-2» (Франція), «Гаспардо-81» (Італія), «Ланге», «Махем МХД», «Мініайр» (Німеччина), ТГ-500 (Австрія), «Case IH ASM 1224» (США).

Відбір насіння з бункера в апаратах вакуумної дії здійснюється за рахунок розрідження у вакуумній камері (рис. 1.3) [16].

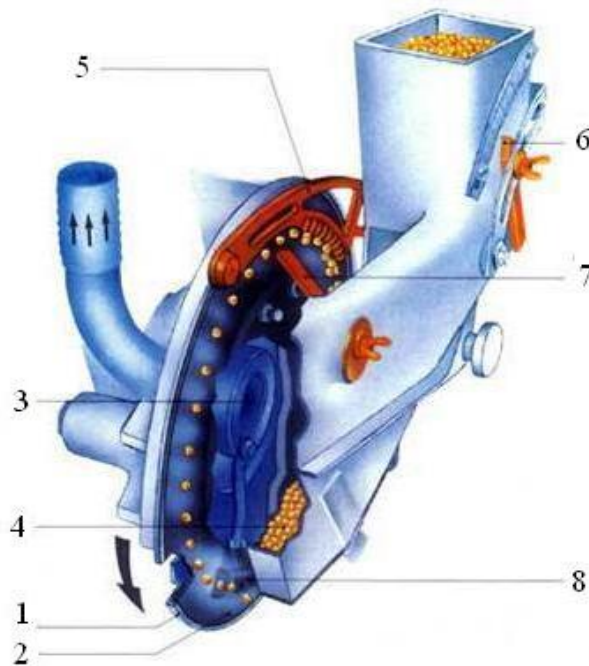


Рисунок 1.3 – Схема пневматичного висівного апарата сівалки СТВ-8К

1 – висівний барабан; 2 – висівний диск; 3 – вісь; 4 – насіння;

5, 7 – скидачі; 6 – шкала скидача; 8 – розвантажувач

Насіння 4 притягується до отворів висівного диска 2 і разом з диском переміщується у нижню частину апарата до зони розвантаження 8, де вакуум припиняє свою дію і насінина потрапляє в борозну, утворену сошником. За допомогою відбивачів 5 і 6 знімаються зайві насінини. Недоліком пневмомеханічних висівних апаратів є недостатня надійність роботи внаслідок недосконалості конструкції скидачів зайвого насіння та незадовільного звільнення робочих отворів висівних дисків.

Для ґрунтозахисного і ресурсозберігаючого землеробства компанією «Ельворті» розроблено просапну сівалку «VESTA 8 PROFI» (рис. 1.4) [17] з пневматичним висівним апаратом здатним забезпечити точний висів. Сівалку обладнано полозовидним сошником на кожну посівну секцію та анкерними туковими сошниками з роздільним внесенням гранульованих добрив.

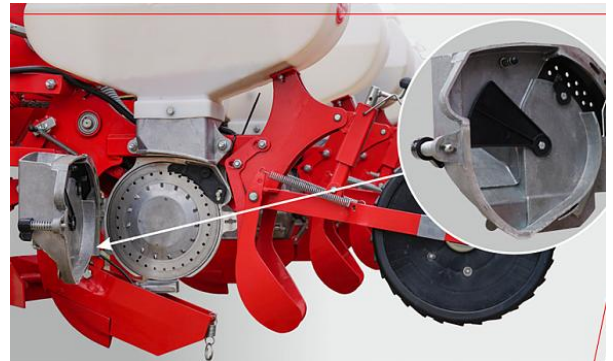


Рисунок 1.4 – Просапна сівалка Vesta 8 Profi (УПС-8А)

Навісна просапна сівалка «Vesta 8 Profi» з шириною захвату 5,6 м має продуктивність 3,02-5,04 га/год, при швидкості в межах від 2,5 до 9 км/год. Добру продуктивність сівалка має за рахунок встановлення на її базі до 8 посівних секцій з міжряддям 700 мм. Глибина посіву регульована і може змінюватися від 20 до 90 мм. Загальна маса сівалки становить 1278 кг.

Пневматична сівалка точного висіву СПЧ-6 (рис. 1.5) [18] призначена для посіву просапних культур пунктирним способом по одному або два зерна в гніздо за заданої відстані між гніздами. Завдяки широкому набору висівних дисків сівалки можуть здійснювати висів кукурудзи, соняшнику, гороху та інших культур зі схожими за формами та розмірами насіння. Сівалки типу SPP/FS дозволяють одночасно з посівом вносити в ґрунт мінеральні гранульовані добрива.

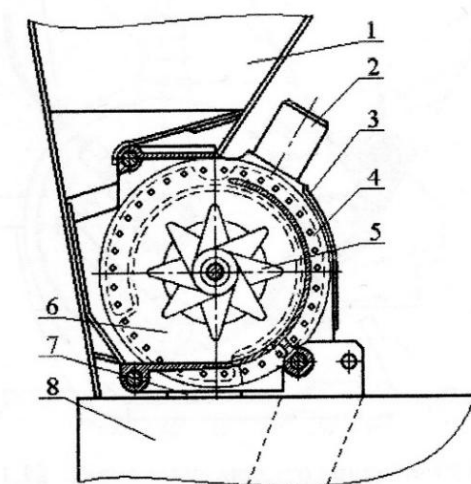


Рисунок 1.5 – Висівний апарат та сівалка СПЧ-6

1 – бункер; 2 – повітропровід; 3 – корпус вакуумної камери; 4 – висівний диск;  
5 – активатор; 6 – насіннева камера; 7 – викидне вікно; 8 – сошник

Продуктивність сівалки становить 1,6-3,36 га/год, в залежності від посівної культури та робочої швидкості 6-8 км/год. Сівалку обладнано шістьма посівними секціями, які можна встановлювати на ширину міжряддя 45-70 сантиметрів і сумарною шириною захвату 4,2 метра. Глибина посіву регулюється від 2 до 12 сантиметрів. Вага складає 580 кг.

Багаторічний досвід за плечами науковців компанія Моносем з Франції після кількох років розробок і тестувань дозволив розробити досить вдалу конструкцію просапної сівалки MONOSEM NG PLUS 4 (рис. 1.6), [19].



Рисунок 1.6 – Просапна сівалка MONOSEM NG PLUS 4

Для точного посіву сільськогосподарських культур. Сучасна підвіска з амортизатором дозволяє забезпечити точний посів на максимальній швидкості 9 км/год. Висівний диск дозуючої частини, виготовлений з нержавіючої сталі, товщиною 1,5 мм, діаметром 190 мм. Зміна дисків дозволяє забезпечити висів різних видів посівних культур з різними розмірами та формою насінневого матеріалу. Висівний апарат посівної секції виконано з використанням алюмінієвого сплаву, що забезпечує хорошу надійність корпусу пневматичного вакуумного апарату. Основна технічна характеристика просапної сівалки наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика сівалки MONOSEM NG PLUS 4

Кількість рядів	6	8	12		16
Міжряддя, см	70	70	45	70	70
Ємність бункера для насіння, л	52				
Робоча швидкість, км/год	4,5-9				
Ємність бункера для добрив (навісна рама), л	2*270	4*175	4*175	4*270	-
Транспортна ширина, м	4,5	6,1	6,1	9	-
Потужність трактора, к.с.	100	від 100			від 240

Наступними розглянемо висівні апарати *барабанного типу*. Робочий орган висівних апаратів даного типу виконано у вигляді полого барабана на циліндричній поверхні якого виконані комірки. В якості прикладу застосування висівних апаратів барабанного типу розглянемо сівалку точного висіву «Дніпрянка» СВТВ-4 (рис. 1.7)[20].



Рисунок 1.7 – Сівалка СВТВ-4 на посіві сої

За рахунок вакууму, який створюється в полуму барабані насіння надійно



утримується комірками на зовнішній поверхні барабану та транспортується до зони розвантаження. Сівалка забезпечує точний відбір насіння та пунктирне точне вкладання насіння в насіннєве ложе з наступним закриванням борозни. Виробник гарантує точність висіву 90 % та мінімальним відхиленням від заданого інтервалу між насінинами.

Пневмомеханічні висівні апарати з *надлишковим тиском* також як і апарати вакуумної дії поділяються на барабанні та дискові.

В якості прикладу розглянемо дисковий висівний апарат з використанням надлишкового тиску сівалок «Aeromat» (рис. 1.8) (Німеччина) [21].

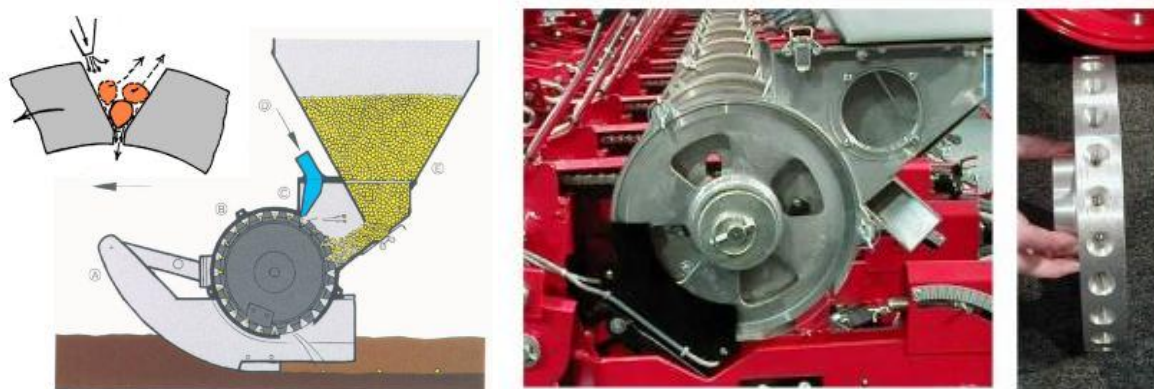


Рисунок 1.8 – Сівалка точного висіву Aeromat 8S

Високошвидкісна пневматична сівалка точного висіву моделі Aeromat призначена для посіву просапних культур на швидкості 12-15 км/год, забезпечуючи високу якість посіву.

Апарат сівалки, що не має аналогів у світі, діє за зворотним принципом. Насіння не присмоктується до отвору диска, а задувається під тиском. Для цього отвори мають конічну форму та розташовані на циліндричній поверхні диска. Повітря подається під тиском через форсунку, вказану на малюнку синім кольором. При цьому сівалка не потребує відсікачів насіння, оскільки відсікання проводиться автоматично повітрям. Одна насінина блокує отвір, при цьому присмоктуючись до нього, а решта під тиском повітря вилітають назад у бік насіннєвого бака. Насіння позбавлене можливості випадання через

вібрації секції, що висіває, оскільки конічний отвір із зовнішнього боку закривається корпусом висівного апарату. Це дозволяє підвищити робочу швидкість сівалки до 12-15 км/год. Сівалки з міжряддям 45 см виконуються у версіях на 6, 12 та 18 посівних секцій. Сівалки з міжряддям 70 см виконуються у версіях на 4, 6, 8 та 12 посівних секцій.

Для посіву просапних культур також застосовуються ложкові та стрічкові висівні апарати, що разом із катушковими відносяться до механічних висівних апаратів.

Ложкові висівні апарати застосовуються на сівалках «KINZE-3000» (США) (рис.1.9), «Рота-Спун», «Смайт», «Case IH 1200» (США). Ложечки рівномірно закріплені на вертикальному диску або на внутрішній поверхні циліндра. При проходженні через масу насіння ложечки захоплюють їх по одному або групою, переміщують і скидають у насіннепровід. Перевагами ложкового апарата є краща рівномірність розподілу насіння у порівнянні з катушковим, внутрішньорєбристим або метеликовим та відсутність ушкодження насіння, а недоліком – чутливість до коливань і ухилів місцевості та можливість висіву однією ложечкою декількох насінин.



Рисунок 1.9 – Посівна секція та ложковий висівний апарат сівалки  
«KINZE-3000»

Стрічковий висівний апарат встановлюються на сівалках «Hilleshog Exact» (Швеція), «Stanhay» (Англія) (рис. 1.10). Висівний апарат «Stanhay» [22] має в комплекті два гумових паси: з ребрами на нижній стороні для висіву гранульованого насіння та насіння округлої форми і без ребер для висіву дрібного насіння. Недоліком цих апаратів є складність конструкції.

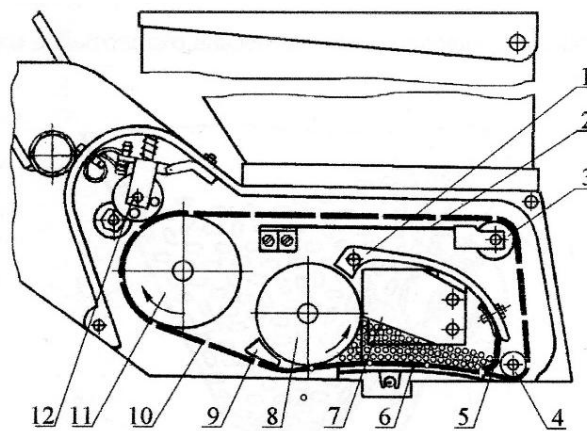


Рисунок 1.10 – Висівний апарат сівалки «Stanhay»: 1 – перегородка; 2, 3 – пружина і ролик натяжного пристрою; 4 – ролик; 5 – екран; 6 – щиток; 7 – заслінка; 8 – відбиваючий ролик; 9 – упор; 10 – стрічковий пас з комірками; 11 – приводний ролик; 12 – пристрій контролю

Точне розміщення насіння в борозні забезпечує стрічковий дозатор. Насіння з бункера потрапляє повз заслінку 7, яка контролює кількість насіння в камері. Стрічковий пас 10 обертається за допомогою приводного ролика 11 за годинниковою стрілкою, а ролик-відбивач 8 обертається проти годинникової стрілки, та видаляє надлишок насіння від отворів у стрічці, пропускаючи тільки необхідну кількість насіння. Мінімальна відстань 25 мм від висівного апарата до борозни мінімізує нерівномірне розподілення насіння в рядку. Злагоджену роботу апарату контролює електронний блок висіву насіння.

#### 1.4 Аналіз наукових досліджень з однонасінного точного висіву



Максимальні показників врожайності при вирощуванні просапних культур можливо досягти за умови забезпечення рівномірного розподілення насіння по посівній площі з урахуванням: польової схожості культур, пошкодження шкідниками, боронуванням і міжрядної обробкою. Вирішити дане завдання можливо за рахунок застосування сівалок точного висіву.

Перевагою таких сівалок являється незначна реакція на ухил місцевості (підйом і спуск, в межах до 10 °), виникають лише невеликі коливання в висіві.

Умовно процес висіву ділять на три етапи: відбір насіння з загального об'єму, дозування висівним апаратом, розвантаження комірок з висівом насіння в насінневе ложе.

Основний параметр, що впливає на якість роботи дозуючих елементів пневматичних сівалок, являється сила  $F$  присмокування насіння до отвору диска.

Вона залежить від розрідження повітря у вакуумній камері та площі отвору. Коефіцієнт присмокування залежить від розмірів та форми насіння, шорсткості їхньої поверхні, зчеплення з іншим насінням та змінюється в широких межах [23]. Розрідження та площа отвору встановлюють такими, щоб забезпечувати багаторазове перевищення сили  $F$ , що присмокує, над силою тяжіння  $G$  насіння.

$$F = a \cdot G = a \cdot m \cdot g, \text{ Н} \quad (1.1)$$

де  $a$  – коефіцієнт перевищення сили присмокування;

$m$  – маса насінини, кг;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ .

Коефіцієнт перевищення сили, що присмокує  $a$ , приймають для культур: кукурудза – 32; соняшник – 18; соя – 22; цукровий буряк – 125.

Згідно проведених досліджень встановлено, що у пневматичних висівних апаратах розрідження  $p$  повинно підтримуватися в межах 3.2 ... 3.6 кПа [23].

Діаметр отвору, що присмоктує, визначають за наступною експериментальною залежністю:

$$d = 0,55 \dots 0,65 \cdot b, \text{ мм} \quad (1.2)$$

де  $b$  – середня ширина насіння, мм.

Встановлено, що частота обертання диска, що висіває, не повинна перевищувати  $n = 0,8 \text{ с}^{-1}$  [23].

А.Н. Семенов запропонував визначати довжину дозуючої частини (висівного диска, котушки) висівного апарату при заданій нормі висіву і робочій швидкості агрегату на посіві за рівнянням:

$$l = \frac{6Q \cdot L_M \cdot v_c - \eta \cdot n_{\text{кат}}}{r_1 \cdot n_{\text{кат}}}, \text{ м} \quad (1.3)$$

де  $Q$  – норма висіву, кг/га;

$L_M$  – ширина міжрядь, м;

$n_{\text{кат}}$  – число обертів висівного апарату,  $\text{хв}^{-1}$

$\eta$  – емпіричні коефіцієнти, що враховують висів насіння від робочої довжини дозуючої частини висівного апарату;

$v_c$  – швидкість ходу сівалки, км / год.

Є.М. Огурцов запропонував визначати сумарне відхилення насіння  $L_{\Delta}$  від точки викиду з висівного апарату пропонує визначати за формулою [14]

$$L_{\Delta} = L_1 + L_2, \text{ мм} \quad (1.4)$$

де  $L_1$  - відстань від точки виходу з дозуючої частини до точки контакту з борозною, мм;

$L_2$  - відстань від точки контакту з дном борозни до точки, в якій насіння буде закрито ґрунтом, мм.

Автор вказує, що величини цих відхилень є випадковими, розподіленими по закону нормального розподілу.

Залежність відстані між насінинами в рядку від кількості комірок і частоти обертання дозуючого пристрою проф. Бахмутов запропонував визначати за рівнянням [24]:

$$L = \frac{S_c}{n_{ком} \cdot n_s}, \quad (1.5)$$

де  $n_{ком}$  – кількість комірок;

$n_s$  – число обертів дозуючого пристрою на пройденому шляху.

Згідно проведеного аналізу теоретичних досліджень в області точного висіву встановлено, що на точне розподілення насіння в рядку впливають, як конструктивні так і технологічні фактори, а саме: діаметри присмоктуючих отворів на висівних дисках (дозаторах), величина розрідження, коефіцієнт перевищення сили присмоктування, діаметр висівного диску, швидкість руху сівалки та ін.

### **1.5 Висновки**

1. Найбільш поширеними просапними культурами в господарствах України на сьогоднішній час являються кукурудза, соняшник і соя.

2. Основними шляхами підвищення точності висіву просапних сівалок являється удосконалення дозуючих апаратів, встановлення незалежного приводу дозуючих елементів та встановлення розвантажувачів комірок.

3. За результатами проведеного аналізу встановлено, що найкращу якість посіву просапних культур забезпечують пневмомеханічні та пневматичні апарати. Але одним з вагомих недоліків даних апаратів являється їх вартість,

яка в рази перевищує вартість більш простіших механічних апаратів.

4. Врахувавши переваги та недоліки розглянутих апаратів поставлено задачу провести удосконалення дозуючого пристрою пневмомеханічного апарату точного висіву, конструкцію якого розроблено в ДДАУ [25], який за своєю простотою та вартістю матиме переваги механічних апаратів, а за якістю посіву не уступатиме пневматичним апаратам.

### **1.6 Мета і завдання досліджень**

Мета роботи - підвищення точності висіву шляхом удосконалення процесу дозування насіння пневмомеханічної сівалки.

Для досягнення поставленої мети було висунуто наукову *гіпотезу*, згідно з якою підвищення точності висіву пневмомеханічної сівалки можливо досягти шляхом вдосконалення дозуючого пристрою, а саме встановлення розвантажувача комірок висівного диска.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішення наступних задач:

- на основі проведеного аналізу обґрунтувати структуру та шляхи підвищення точності висіву просапних культур;
- провести теоретичні дослідження процесу відбору насіння та розвантаження комірок дозатора висівного апарату
- провести експериментальні дослідження впливу конструктивно-технологічних параметрів дозуючого пристрою на якісні показники роботи удосконаленої сівалки. Встановити бажані значення конструктивно-технологічних параметрів дозуючого пристрою здатних забезпечити найліпші показники роботи (точність висіву, коефіцієнт варіації розподілення насіння) пневмомеханічної сівалки.
- визначити техніко-економічну ефективність удосконаленої пневмомеханічної сівалки точного висіву.

## **2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **2.1 Теоретичні передумови удосконалення пневмомеханічної сівалки точного висіву**

На сьогоднішній час широке поширення для посіву просапних сільськогосподарських культур отримали пневматичні та пневмомеханічні сівалки точного висіву. Найбільш відповідальним вузлом даних апаратів являється дозуючий пристрій. В якості дозуючих пристроїв використовуються диски, втулки, барабани та ін. Основна задача дозуючого пристрою відібрати насіння з загальної маси та подати по одній насініні до зони висіву. Основними проблемами, які впливає на точність висіву даних апаратів являється залягання

насіння в комірках або отворах дозуючих пристроїв та висів по декілька насінин. Для вирішення даної проблеми розглянемо теоретичні положення основних процесів висівного апарату (відбору насіння, транспортування та розвантаження комірок або отворів дозуючих пристроїв), що впливають на якісні показники роботи висівного апарату, а саме на точність висіву. Точність висіву  $\tau_g$  оцінюється за кількістю пропусків висіву.

$$\tau_g = \left( \frac{N_z - N_n}{N_z} \right) \cdot 100\% \quad (2.1)$$

де  $N_z$  – задана кількість висівів;

$N_n$  – кількість пропусків.

## **2.2 Удосконалення дозуючого пристрою пневмомеханічної сівалки точного висіву**

Для вирішення задач поставлених в попередньому розділі проведемо удосконалення висівного апарату конструкцію якого запропоновано ДДАЕУ [25]. На рис 2.1 представлена схема пневмомеханічної сівалки з запропонованим удосконаленням дозуючої частини, а саме витіснювач 5 насіння з комірок дозатора 11. Удосконалена сівалка складається з ходової частини до якої відноситься напрямне колесо 1 розміщене в передній частині сівалки з встановленим на ньому задатчиком інтервалів висіву насіння 2. Також до ходової частини відноситься заднє ущільнюоче колесо 13, що виконує ущільнення борозни після утвореної сошником. На остові 14 встановлюються всі елементи сівалки разом з елементами навіски та ходової частини. До пневмомеханічного висівного апарата сівалки відносяться корпус 10, дозатор (диск) 11 з комірками 7.

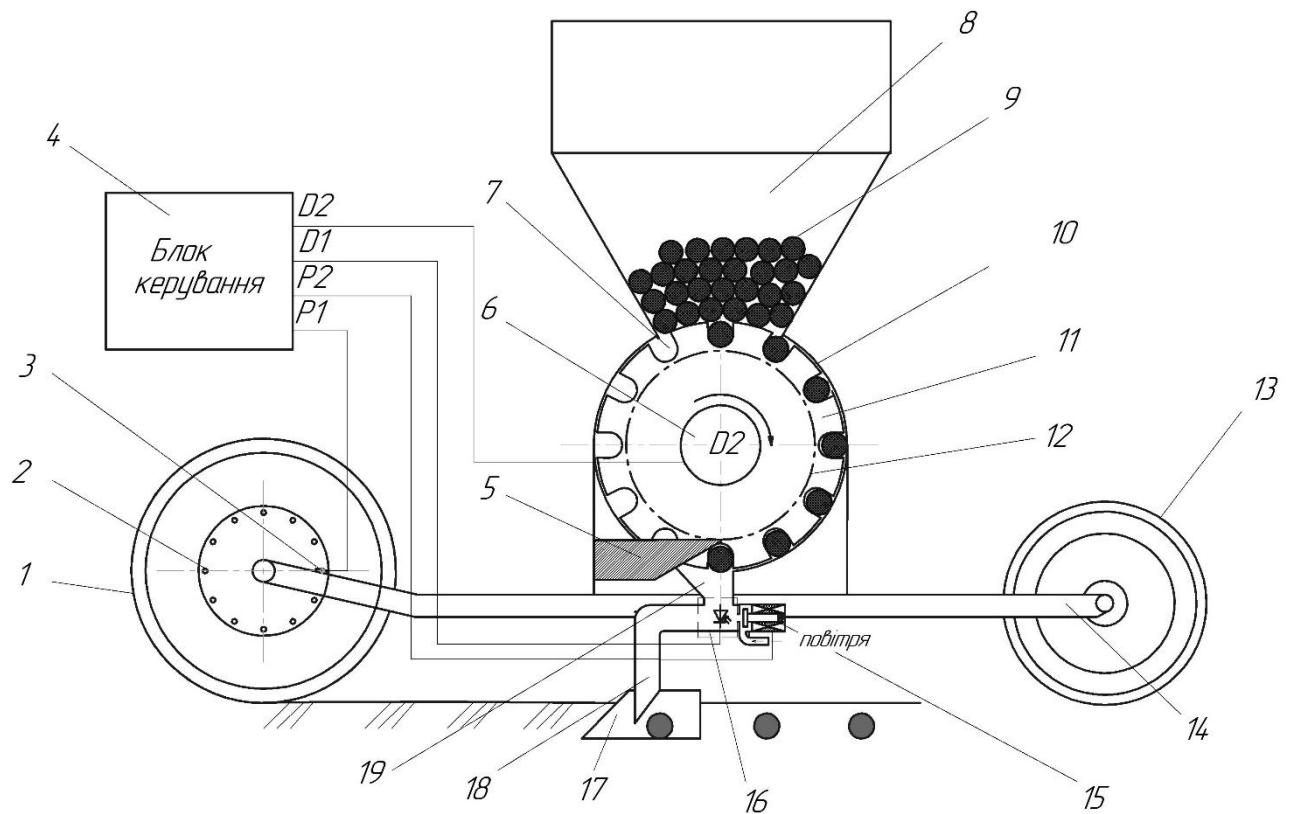


Рисунок 2.1 – Схема удосконаленої пневмомеханічної сівалки

1 – напрямне колесо; 2 – задатчик інтервалів; 3 – датчик переміщення сівалки; 4 – блок керування; 5 – витіснювач; 6 – кроковий двигун; 7 – комірки; 8 – бункер; 9 – насіння; 10 – корпус висівного апарата; 11 – дозатор; 12 – проточка; 13 – ущільнююче колесо; 14 – остов; 15 – електроклапан; 16 – ствол з оптичним датчиком; 17 – сошник; 18 – насінневий канал; 19 – розвантажувальна камера

Для приведення в дію дозатора використовується кроковий двигун 6. В зоні розвантаження комірки 19 встановлено витіснювач насіння 5, що забезпечу надійне розвантаження комірок без пропусків висівів. Висів насіння в насіннєве ложе сформоване сошником здійснюється за допомогою стиснутого повітря, що надходить через електроклапан клапан 15.

Робота сівалки підтримується за допомогою блока керування 4. Після ввімкнення блока відбувається заряджання насінини до ствола 16. З виходу D2 блока керування надходить серія імпульсів на крокуючий двигун 6 приводу

дозатора 11. Насіння 9 з бункера 8 потрапляє до комірок дозатора 11 і подається дозатором до розвантажувальної камери. За рахунок сили тяжіння відбувається розвантаження насінини з комірки природнім шляхом. В випадку зависання насіння в комірці в роботу вступає витіснювач, який примусово розвантажить комірку. В момент надходження насінини до ствола з оптичного датчика надійде команда на вхід *DI* блока керування для зупинки крокового двигуна 6. Процес заряджання завершено.

Висів насіння відбувається по сигналу *P1*, що надійде з датчика переміщення сівалки 3, який реагує на отвори розміщені на задатчикові інтервалів 2. Коротким імпульсом з датчика переміщення блок керування 4 вихідним сигналом *P2* відкриє електроклапан 15. Стиснене повітря виштовхне насінину з ствола до насінневого ложе. Процес висіву завершено і процес заряджання насіння повторюється.

Використання незалежного приводу дозатора дозволяє його обертати до тих пір доки насінина не надійде в ствол. Реалізація такого алгоритму роботи пневмомеханічної сівалки стала можливою завдяки розвитку крокових двигунів та апаратно-обчислювальних платформ керування виконавчими пристроями, як приклад Arduino.

Запропоноване удосконалення дозатора пневмомеханічної сівалки шляхом встановлення витіснювача та незалежного приводу дозатора усуне зависання насіння в комірках та покращить точність висіву за рахунок зменшення відсотка пропусків висівів в рядку.

Вихідні дані для подальшого розрахунку удосконаленої сівалки наведено в додатку А.

### **2.3 Теоретичне дослідження процесу відбору насіння дозатором висівного апарата**



Для забезпечення пунктирного точного однонасінневого висіву насіння дозуючий пристрій повинен забезпечити надійний відбір насіння з загальної маси та подачу його до зони висіву без пропусків та двійників. Технологічно відбір насіння з бункера відбувається за рахунок потрапляння насіння під дією власної ваги в комірки дозатора (рис. 2.2).

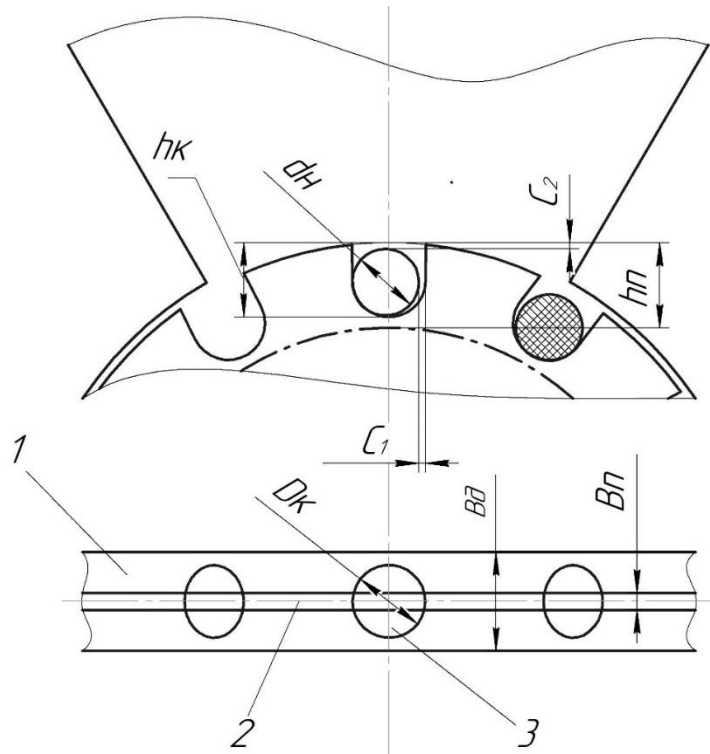


Рисунок 2.2 – Основні розміри дозатора висівного апарата

1 – дозатор (диск); 2 – проточка; 3 – комірки;  $d_n$  – діаметр насінини;  $C_2$  – зазор між стінкою комірки і насіниною;  $D_k$  – діаметр комірки;  $C_2$  – зазор між бічною поверхнею дозатора і насіниною;  $B_d$  – ширина дозатора;  $B_n$  – ширина проточки;  $h_k$  – глибина комірки;  $h_n$  – глибина проточки

Повнота заповнення комірок залежить, як від конструктивних (довжина, ширина, глибина, відстань між комірками) так і технологічних (швидкість обертання дозатора) параметрів дозатора висівного апарата. На початковому етапі визначимо конструктивні параметрами дозатора врахувавши геометричні розміри посівного матеріалу.

Для початку визначимо лінійні розміри комірок дозатора, а саме довжину та глибину. Розміри комірок повинні бути такі, щоб насіння посівного

матеріалу вільно потрапляло до комірок дозатора, але при цьому необхідно виключити вірогідність потрапляння більше однієї насінини.

Визначення лінійних розмірів комірки [26] виконуємо за виконання умови, коли в комірку потрапляє тільки одна насінинка максимального діаметра (рис. 2.2), при цьому не повинно потрапити до комірки дві насінини мінімального діаметра  $2d_{\min_n} > D_k$ .

Для насіння круглої форми:

$$2d_{\min_n} > D_k = d_{\max_n} + C_1, \text{ мм} \quad (2.2)$$

де  $d_{\min_n}$  – мінімальний діаметр насінини, мм;

$d_{\max_n}$  – максимальний діаметр насінини, мм;

$C_1$  – зазор між стінкою комірки і насіниною, мм;

$D_k$  – діаметр комірки, мм.

Для насіння неправильної форми визначаємо довжину комірки  $L_k$  та ширину  $B_k$ :

$$2l_{\min_n} > L_k = l_{\max_n} + C_1, \text{ мм} \quad (2.3)$$

де  $l_{\max_n}$  – максимальна довжина насінини, мм;

$l_{\min_n}$  – мінімальна довжина насінини, мм;

$$2b_{\min_n} > B_k = b_{\max_n} + C_1, \text{ мм} \quad (2.4)$$

де  $b_{\max_n}$  – максимальна ширина насінини, мм;

$b_{\min_n}$  – мінімальна ширина насінини, мм.

При визначенні глибини комірки  $h_k$  для насіння круглої форми необхідно виконати умову:

$$2d_{\min_n} > h_k = d_{\max_n} = d_{\min_n} + C_2 \quad (2.5)$$

де  $C_2$  – зазор між бічною поверхнею дозатора і насіниною, мм;

При визначенні глибини комірки  $h_k$  для насіння неправильної форми необхідно виконати умову:

$$h_{\min_n} > h_k = h_{\max_n} = h_{\min_n} + C_2 \quad (2.6)$$

де  $h_{\max_n}$  – максимальна товщина насінини, мм;

$h_{\min_n}$  – мінімальна товщина насінини, мм.

Визначення конструктивних параметрів, це необхідна, але не достатня умова для надійного заповнення комірок насінням.

Заповнення комірок відбувається за умови обертання дозатора з швидкістю, що перевищує швидкість переміщення насіння відносно дозатора в момент збігу центру ваги насінини з віссю комірки. При роботі висівного апарату сили тертя дозатора захоплюють насінину, що з ним контактує, задаючи їй абсолютну швидкість  $V_a$ , яка менша за окружну швидкість  $V_o$  центральної вісі комірок дозатора.

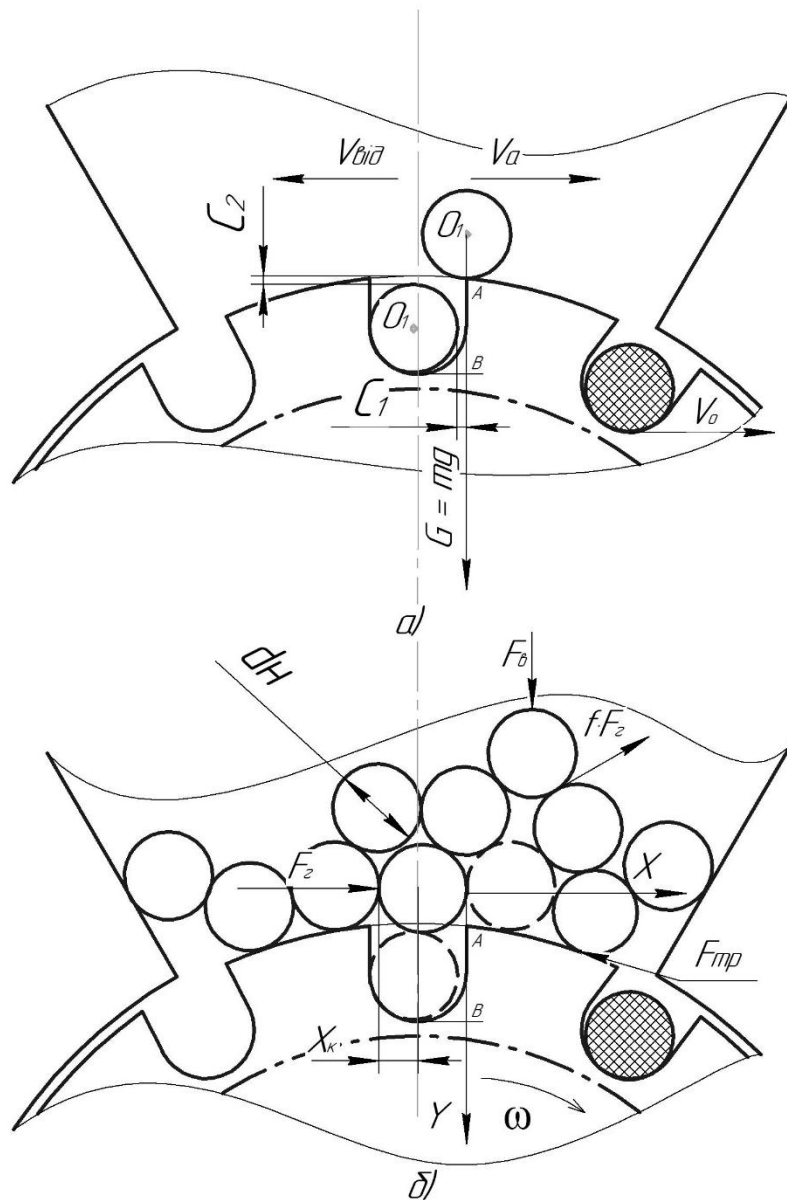


Рисунок 2.3 – Умова потрапляння насіння в комірки дозатора

Для прикладу розглянемо умову заходу насіння круглої форми до комірок дозатору (рис. 2.3). Початок заходу насінини в комірку відбувається в момент, знаходження центру ваги насінини  $O_1$  біля стінки комірки  $AB$  (рис. 2.3, а) і завершується при збігові з центральною віссю комірки [26].

Якщо ж висота шару насіння значна, то на насінину, крім сили тяжіння, діє сила вертикального  $F_b$  і горизонтального  $F_2$  тисків, а також сила внутрішнього тертя  $F_{mp} = f \cdot F_2$ , (рис.2.3, б). При цьому захід насінини починається після зміщення центру ваги насінини відносно стінки комірки на відстань  $C_1$ , (рис. 2.3, а) [27-29].

Рух насінини при заході в комірку, розглядається як вільне падіння насінини з відносною швидкістю  $V_{від}$ .

При заході насінини в комірку її центр ваги проходить шлях в горизонтальному напрямку, який визначаємо за рівнянням:

$$X_{\kappa} = D_{\kappa} - \frac{d_{\text{н}}}{2}, \quad (2.7)$$

в вертикальному:

$$Y_{\kappa} = \frac{gt^2}{2}, \quad (2.8)$$

де  $t$  – час заходу насінини, с;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Захід насінини в комірку відбувається за умови, якщо центр ваги насінини знаходиться, нижче або на рівні поверхні дозатора, тобто

$Y_{\kappa} \geq \frac{d_{\text{н}}}{2}$ , виконавши математичні перетворення встановимо час заходу

насінини в комірку дозатора  $t \geq \sqrt{\frac{d_{\text{н}}}{g}}$ .

Враховавши те що,  $V_{від} = V_o - V_a$  і  $t \geq \sqrt{\frac{d_{\text{н}}}{g}}$ , проведемо математичні

перетворення і отримаємо вираз:

$$V_o \leq V_a + \frac{D_{\kappa} - \frac{d_{\text{н}}}{2}}{\sqrt{\frac{d_{\text{н}}}{g}}}, \quad (2.9)$$

Згідно (2.9) отримали умову заходу насінини в комірку. Окружна швидкість центральної вісі комірки дозатора повинна бути менше або дорівнювати лінійній швидкості, що збільшена на швидкість заходу насінини в комірку.

Результати теоретичних досліджень заповнення комірок дозатора наведено в додатку Б. Графічна залежність представлена на рис. 2.4.

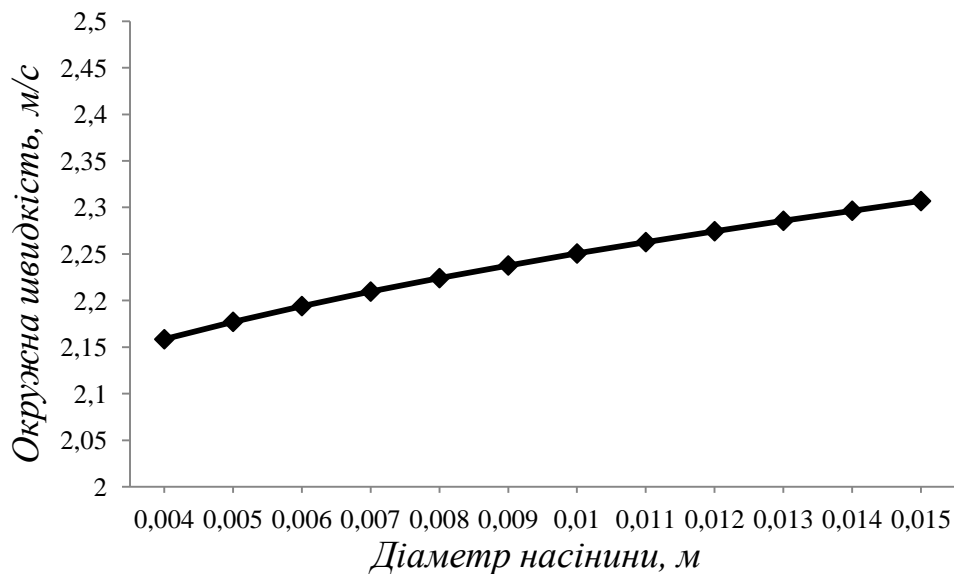


Рисунок 2.4 – Умова заповнення насінням комірок дозатора

Кутову швидкість дозатора згідно встановленої окружної швидкості визначимо за рівнянням:

$$\omega = \frac{v_o}{R},$$

де  $R$  – радіус дозатора, м.

Виходячи з умов вільного і чіткого заповнення комірок насінням необхідно визначити конструктивні та технологічні параметри дозатора висівного апарата.

Для початку визначимося з конструктивними параметрами дозатора врахувавши параметри насінневого матеріалу додаток В.

Кількість комірок на дозаторові є функцією діаметрів дозатора і діаметра насіння  $d_n$ , або товщини насіння  $h_n$  (для неправильної форми насіння) [30]:

$$n_k = f(D_d, d_n (h_n)), \quad (2.10)$$

де  $D_\delta$  – діаметр дозатора, мм;  
 $d_n$  – діаметр насіння, мм;  
 $n_k$  – кількість комірок, шт;  
 $h_n$  – товщини насінини, мм.

Для визначення кількості комірок необхідно виходити з того, щоб сума довжин комірок  $L_k$  і перегородок між ними  $L_n$  вкладалися по довжині зовнішнього кола дозатора (рис. 2.5):

$$n_k = \frac{\pi \cdot D_\delta}{L_k + L_n}, \quad (2.11)$$

де  $L_n$  – довжина перегородки між сусідніми комірками на зовнішньому колі дозатора,  $L_n = 2 L_k$ ;

$L_k$  – довжина дуги комірок на зовнішньому колі дозатора  $D_\delta$ .

Гранична кількість комірок на дозаторові визначається, виходячи з умови конструктивної цілісності комірки дозатора за умовою:

$$n_k \leq \frac{\pi \cdot D_{кр}}{l_k} \quad (2.12)$$

де  $D_{кр}$  – критичний діаметр, на якому стикаються стінки сусідніх комірок, мм;  
 $l_k$  – довжина дуги комірок на окружності критичного діаметра  $D_{кр}$ , мм;

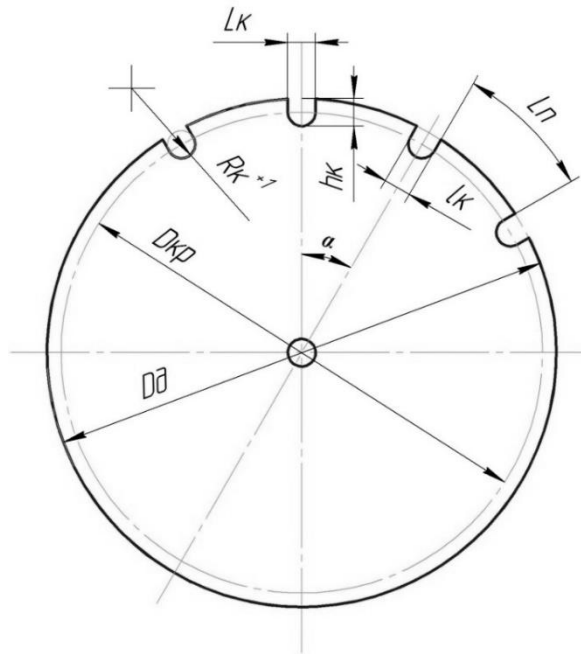


Рисунок 2.5 – Загальний вигляд дозатора

Результати теоретичних досліджень граничної кількості комірок дозатора наведено на рисунку 2.6 та додатку Г.

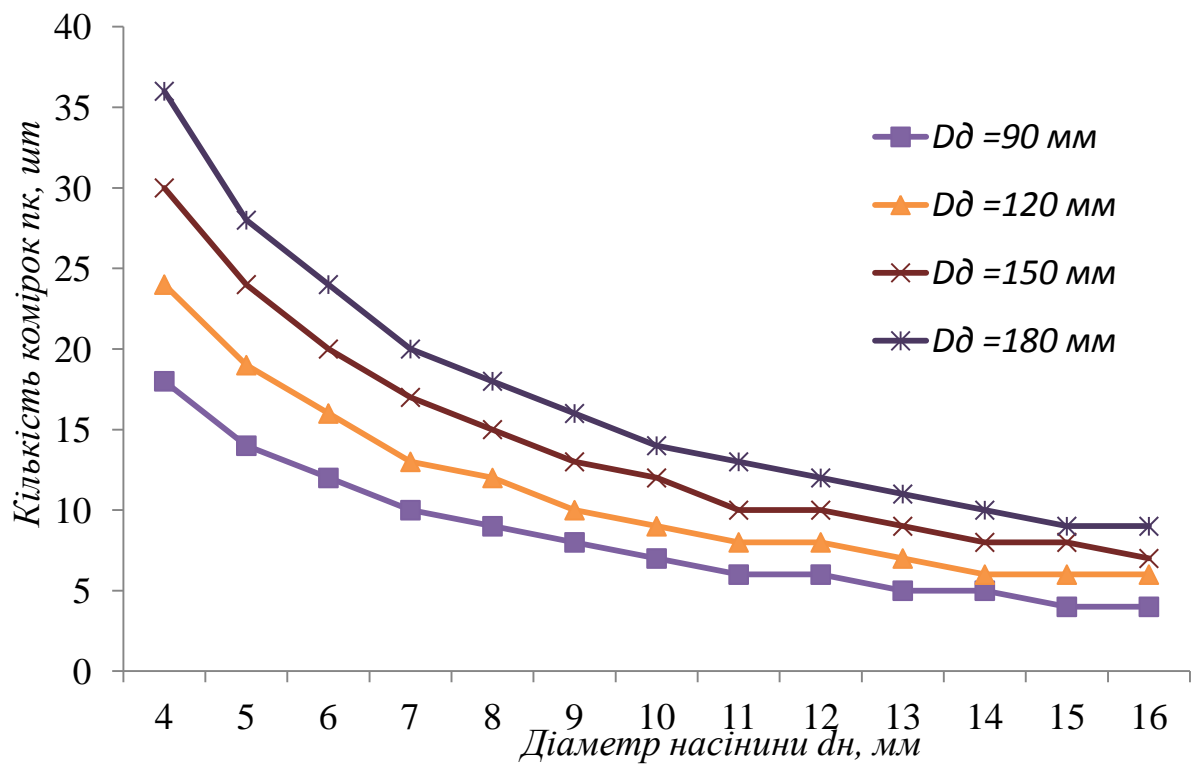


Рисунок 2.6 – Визначення конструктивних параметрів дозатора



Використавши розрахункові значення наведені на графікові (рис. 2.6) підбираємо дозатора з необхідною кількістю комірок для посіву насіння певних розмірів.

#### **2.4 Теоретичне дослідження процесу розвантаження комірок дозатора висівного апарату**

Наступним етапом після заповнення комірок дозатора в реалізації точного висіву, являється процес їх розвантаження. Зависання насіння в комірках є досить розповсюдженим явищем, яке впливає на якісні показники роботи апаратів точного висіву насіння. Вирішити дану проблему можливо встановленням пластинчатого витіснювача насіння. Для цього по осі розміщення комірок дозатора 1 (рис. 2.2) виконується проточка 2.

Проточка 1 (рис. 2.7) є конструктивно необхідним елементом і призначена для встановлення пластинчатого витіснювача 2 у зоні висіву 3 насіння.

За рахунок витіснювача в зоні розвантаження комірок створюється виштовхуюча сила  $F$ , що виштовхує насініну з комірки. З метою усунення травмування насіння повинна виконуватися умова  $F < [F]$ , де  $[F]$  – допустимо можливе зусилля тиску на насініну. Перевищення цього зусилля призведе до травмування насіння. Для насіння кукурудзи  $[F]$  приблизно становить 60 Н, сої 40 Н, соняшнику від 15 до 25 Н.

Розглянемо схему сил (рис. 2.7), що діють на насініну в процесі розвантаження комірки дозатора. Рух насініни розглядається, як відносний уздовж осі  $y$  і переносний при обертання насіння разом з комірками дозатора [31].

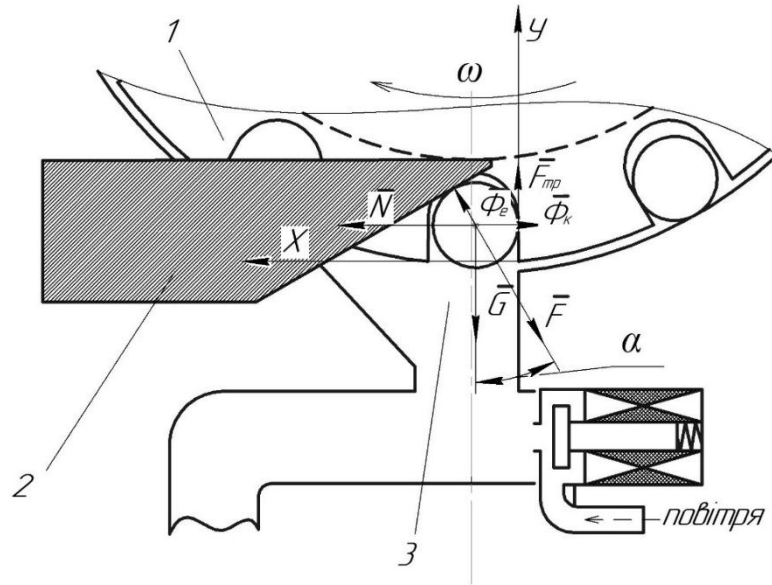


Рисунок 2.7 – Схема сил, що діють на насінину в процесі розвантаження комірок дозатора

Диференційні рівняння відносного руху насінини в проекції координат  $xOy$ :

$$m\ddot{x} = \Phi_k - \Phi_e \cdot \sin \alpha - N + F \cdot \sin \alpha \quad (2.13)$$

$$m\ddot{y} = -G + F \cdot \cos \alpha + F_{тр} - \Phi_e \cdot \cos \alpha \quad (2.14)$$

де  $F$  – виштовхувальна сила, Н;

$F_{тр}$  – сила тертя, Н;

$\Phi_k$  – Коріолісова сила інерції, Н;

$G$  – вага насінини, Н;

$N$  – сила тиску, Н;

$\Phi_e$  – сила інерції переносного руху, Н;

$\alpha$  – кут скосу витіснювача.

Сила нормального тиску визначимо за рівнянням:

$$N = \Phi_k + (F - \Phi_e) \cdot \alpha \quad (2.15)$$

$$\text{або } N = 2m\omega y + (c(h-y) - m\omega^2(R-y))\alpha \quad (2.16)$$

де  $R$  – радіус дозатора, м;

$h$  – висота комірки, м;

$m$  – маса насінини, кг;

$c$  – модуль пружності витіснювача, Н/м<sup>2</sup>;

$\omega$  – кутова швидкість дозатора.

Враховуючи, що  $F_{mp} = fN$  рівняння (2.14) отримає вигляд:

$$m\ddot{y} = -g + \frac{c}{m}(h-y) - \omega^2(R-y) + f(2\omega y + \frac{c}{m}(h-y)\alpha - \omega^2(R-y)\alpha) \quad (2.17)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя насінини по комірці дозатора.

Провівши перетворення отримаємо лінійне диференціальне рівняння другого порядку:

$$\ddot{y} - 2\omega f\dot{y} + (1 + f\alpha)\left(\frac{c}{m} - \omega^2\right)y = -g + (1 + f\alpha)\left(\frac{c}{m}h - \omega^2R\right) \quad (2.18)$$

Загальне рішення цього рівняння:

$$y = y_1 + y_2, \quad (2.19)$$

де  $y_1$  – спільне вирішення однорідного рівняння

$$\ddot{y} - 2\omega f\dot{y} + \left(\frac{c}{m} + \omega^2\right)(1 + f\alpha)y = 0 \quad (2.20)$$

$$D = f^2\omega^2 - (1 + f\alpha)^2 \cdot \left(\frac{c}{m} + \omega^2\right) < 0 \text{ тоді рівняння для вирішення } y_1 \text{ матиме}$$

вигляд:

$$y_1 = A_1 e^{-f\omega t} \sin(k_1 t + \beta_1) \quad (2.21)$$

де  $A_1$  і  $\beta_1$  – постійні.

Початкові умови: початковий час  $t = 0$ , початкова висота  $y_0 = h$  та  $V_0 = V_2$ , де  $V_2$  – лінійна швидкість насіння, м/с.

Використавши початкові умови визначимо постійні  $A_1$  і  $\beta_1$

$$A_1 = \sqrt{y_0^2 + \frac{(y_0 + f \omega \cdot y_0)^2}{k_1^2}} = \sqrt{h^2 + \frac{(V_2 + f \omega \cdot h)^2}{k_1^2}}; \quad (2.21)$$

$$\text{де } k_1 = \sqrt{(1 + f \alpha)^2 \cdot \left(\frac{c}{m} - \omega^2\right)^2 - f^2 \omega^2} \quad (2.23)$$

$$\beta_1 = \arctg \frac{h_0 k_1}{V_2 + f \omega \cdot h} \quad (2.22)$$

Підставимо  $y_2 = B_1$ ,  $\dot{y}_2 = \dot{x}_2 = 0$  в рівняння (2.18) і отримаємо

$$B_1 = \frac{-g + (1 + f \alpha) \left(\frac{c}{m} h - \omega^2 R\right)}{(1 + f \alpha) \left(\frac{c}{m} - \omega^2\right)} \quad (2.24)$$

де  $B_1$  – постійна величина.

Виконавши математичні перетворення отримаємо остаточний вигляд рівняння руху насінини:

$$y_1 = A_1 e^{-f \omega t_3} \sin(k_1 t_3 + \beta_1) + B_1 \quad (2.25)$$

В момент входу в комірку витіснювача насінина пройде шлях  $y = h$ ,

Час витіснення насінини з комірки  $t_3$  визначимо за рівнянням:

$$t_3 = \frac{\ln\left(\frac{h + B_1}{A}\right)}{f \omega} \quad (2.26)$$

Для визначення швидкості насінини знайдемо:

$$\dot{x} = A_1 f \varpi e^{f \omega t_3} \sin(k_1 t_3 + \beta_1) + A_1 k_1 e^{f \omega t_3} \cos(k_1 t_3 + \beta_1) \quad (2.27)$$

Тоді швидкість насінини в момент виштовхування визначимо за формулою:

$$V_3 = \dot{x}(t_3) = A_1 e^{f \omega t_3} (f \varpi \sin(k_1 t_3 + \beta_1) + k_1 \cos(k_1 t_3 + \beta_1)) \quad (2.28)$$

Визначення сили, що діє на насіння в момент висіву.

В момент, коли насінина набуває швидкість  $V_3$  вона рухається з імпульсом:

$$S_n = m \cdot V_3, \quad (2.29)$$

При зустрічі з нерухомим витіснювачем насінина виштовхується з комірки силою згідно третього закону Ньютона:

$$F = \int_0^t \frac{m \cdot V_3}{dt_3}, \quad (2.30)$$

Результати теоретичних досліджень сили виштовхування насіння представлено на рисунку 2.8

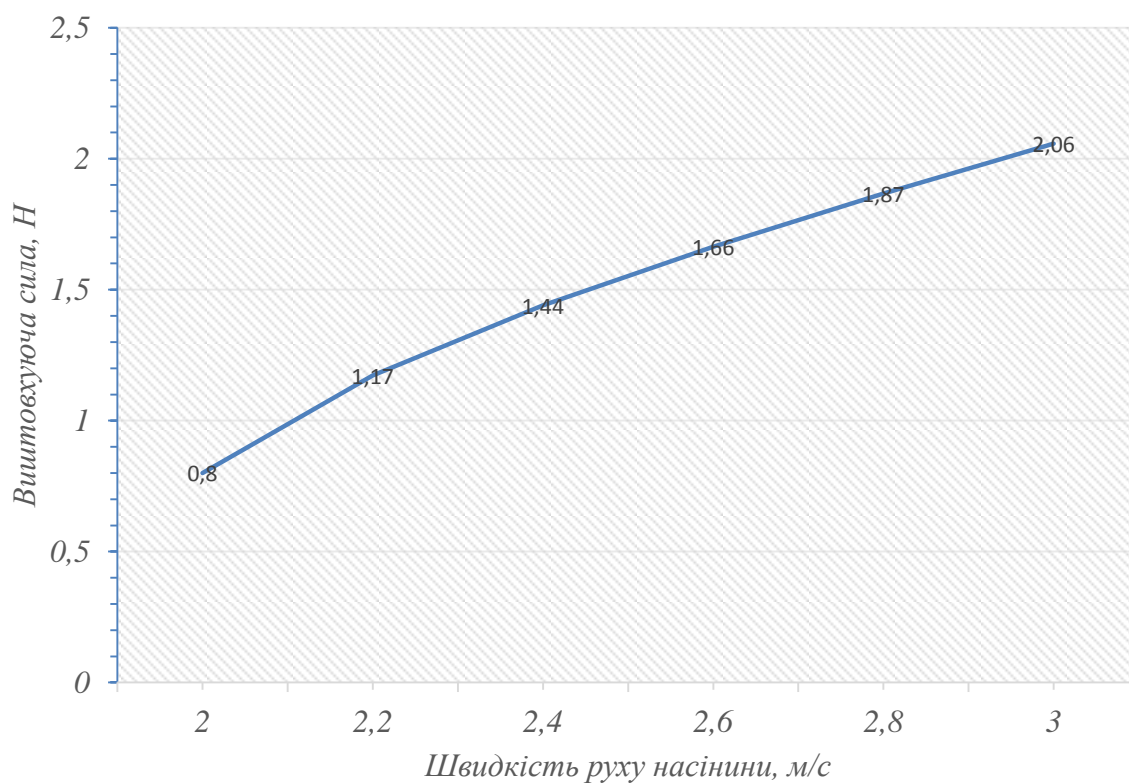


Рисунок 2.8 – Умова розвантаження комірок

Отже, витіснювач насіння діє на насініну із зусиллям, яке залежить від зміни  $\omega$  – кутової швидкості дозатора;  $\alpha$  – кута скосу витіснювача;  $V_3$  – швидкості руху насінини;  $h$  – глибини комірки;  $m$  – маси однієї насінини.

## 2.5 Висновки

1. Підтверджено, що точність висіву визначається за формулою (2.1), залежить від якості процесу відбору та розвантаження комірок дозуючого пристрою висівного апарата сівалки.

2. Запропоновано удосконалення пневмомеханічної сівалки шляхом встановлення витіснювача насіння з комірок дозуючого пристрою.

3. Теоретичними дослідженнями встановлено максимальне значення окружної швидкості дозатора, при якому виконується надійне заповнення комірок, а саме  $V_0=2,15\dots2,3$  м/с, при кутовій швидкості дозатора діаметром

180 мм  $\omega = 23,88 \dots 25,5 \text{ рад/с}$ , що відповідає відповідно частоті обертання дозатора  $n_d = 228 \dots 244 \text{ хв}^{-1}$ .

4. Теоретичними дослідженнями встановлено конструктивні розміри дозатора в залежності від розмірів насіння. Так діаметр дозатора при висіві насіння просапних культур приймаємо  $D_d = 180 \text{ мм}$ , кількість комірок на дозаторові залежить від посівної культури: для насіння кукурудзи  $n_{kk} = 16$ , насіння соняшника,  $n_k = 20$ , насіння сої  $n_k = 28 \text{ комірок}$ . При посіві необхідної культури встановлюється дозатор з відповідною кількістю комірок.

5. Теоретично доведено, що сила виштовхування насіння залежить від зміни кутової швидкості дозатора, кута скосу витіснювача, швидкості руху насінини, глибини комірки та маси однієї насінини. За результатами проведених розрахунків встановлено межі варіювання сили виштовхування насіння  $F = 0,8 \dots 2,06 \text{ Н}$ , при цьому кут скосу витіснювача становив  $\alpha = 30$  градусів.

Отримані дані теоретичних досліджень будуть використані при проведенні експериментальних досліджень по встановленню оптимальних значень конструктивно-технологічних параметрів удосконаленої сівалки, з метою підвищення точності її висіву.

## **3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ**

### **3.1 Програма та методика досліджень**

Програми та методики експериментальних досліджень технологічних процесів та конструктивно-технологічних параметрів сільськогосподарських машин ґрунтуються на працях науковців Горячкіна В. П., Желіговського В. А., Листопада Р. Е., Гудкова А. П., Надикта В.Т., та ін.[32, 33].

При розробці та дослідженні конструкції удосконаленої пневмомеханічної сівалки для посіву просапних культур, особливе значення мають фізико-механічні властивості посівного матеріалу.

Відповідно до завдань роботи у програму досліджень були включені наступні питання:

- визначення фізико-механічних властивостей насіння;
- визначення параметрів роботи електроклапана;
- дослідження точності висіву удосконаленої пневмомеханічної сівалки.

Програма експериментальних досліджень будувалася на загальній методиці, за основу якої була взята методика професора Надикта В.Т., згідно з якою визначалася кількість дослідів їх точність, обсяг досліджень та час необхідний на їх проведення [32].

### **3.2 Об'єкт досліджень**

Об'єктом дослідження є процес дозування насіння пневмомеханічної сівалки для посіву просапних культур. Для проведення експериментальних досліджень з метою обґрунтування параметрів розвантажувача комірок (витіснювача) дозуючого пристрою пневмомеханічної сівалки розроблено лабораторну установку посівної секції (рис. 3.1), яка конструктивно повторює



всі вузли і елементи експериментальної сівалки запропонованої в попередньому розділі.

Розроблена посівна секція пневмомеханічної сівалки з удосконаленим дозуючим пристроєм відповідає вимогам, які встановлюються для такого типу машин, а саме:

- забезпечує сталість висіву насіння просапних культур без втрати працездатності протягом тривалого часу;
- забезпечує можливість зміни та реєстрації конструктивно-технологічних параметрів: частоту обертання висівного диска  $n_d$ , кут скосу витіснювача  $\alpha$ , тиск наддуву повітря в стволі  $P_{над}$ ;
- забезпечує висів насіння різних розмірних груп;
- виключає пошкодження насіння.

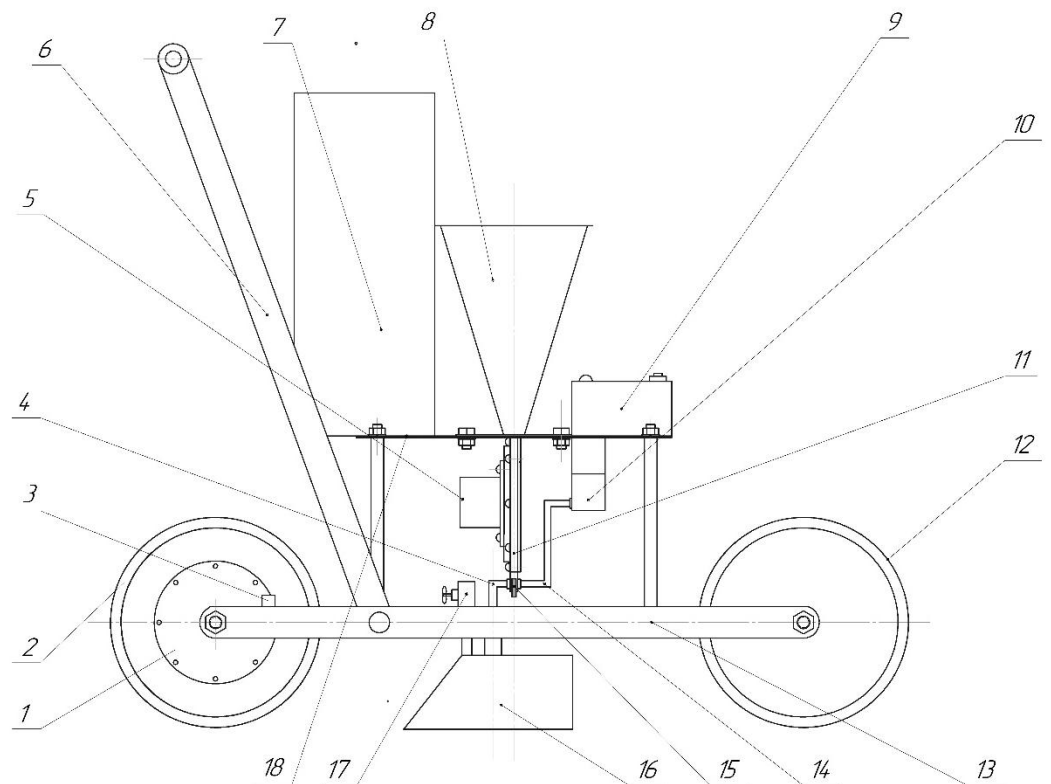
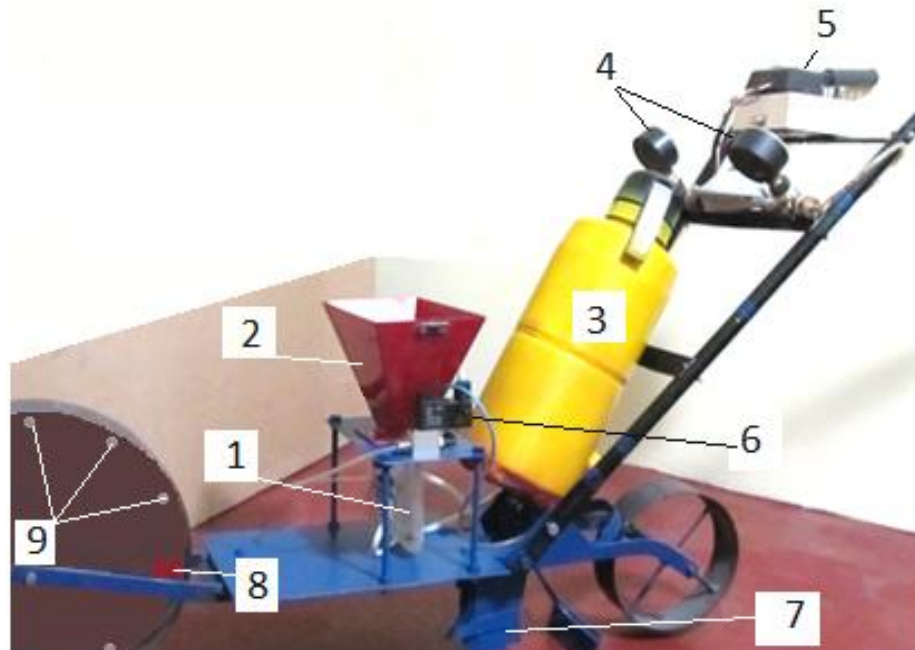


Рисунок 3.1 – Лабораторна установка посівної секції:

1 – задатчик інтервалів висіву насіння; 2 – напрямне колесо; 3 – датчик переміщення сівалки; 4 – сопло-ствол; 5 – кроковий двигун; 6 – навіска; 7 – ресивер; 8 – бункер; 9 – блок керування; 10 – електроклапан; 11 – висівний

апарат; 12 – ущільнююче колесо; 13 – остов; 14 – пневмопровід; 15 – оптичний датчик; 16 – сошник; 17 – регулятор глибини посіву; 18 - опорна платформа

Загальний вигляд посівної секції експериментальної пневмомеханічної сівалки з основними вузлами представлено на малюнку 3.2.



*a*



*б*



*в*

Рисунок 3.2 – Загальний вигляд експериментальної пневмомеханічної сівалки

*a* – посівна секція експериментальної сівалки; *б* – висівний апарат з бункером; *в* – дозатор з витіснювачем насіння; 1 – висівний апарат; 2 – бункер;

3 – ресивер; 4 – манометри; 5 – блок керування; 6 – електроклапан;  
7 – сошник; 8 – датчик переміщення сівалки; 9 – задатчик інтервалів;

### **3.3 Дослідження фізико-механічних властивостей насіння просапних культур**

Фізико-механічні властивості посівного матеріалу (насіння), являються одним із основним факторів, що впливають на якість роботи дозаторів просапних сівалок. Їх необхідно враховувати у процесі дослідження та розробки сівалок.

З точки зору процесу дозування насіння до найбільш затребуваних властивостей можна віднести розмірні (геометричні), масові та розмірно-масові (маса тисячі насіння, щільність насіння) характеристики; поверхневі властивості матеріалів (кути та коефіцієнти внутрішнього тертя та тертя по різних поверхнях) та аеродинамічні характеристики (коефіцієнт парусності та швидкість витання насіння) [34].

Неоднорідність насіння одного врожаю проявляється в їх відмінності за геометричними параметрами. Як приклад розглянемо качан кукурудзи, де зерно у верхній частині найбільш дрібніше. Через варіювання розмірів насінин величини кожного з трьох основних розмірів приймаємо за визначенням середнього значення їх величин. Тобто середня довжина, середня ширина, середня товщина. Однак достатнім показником для оцінки сукупності розмірів насіння, а саме середню довжину, середню ширину та середню товщину визнати не можна, тому що насправді велика кількість насіння за своїми розмірами має відхилення від середнього значення розмірів.

Під час проведення досліджень фізико-механічних властивостей насіння просапних культур [5, 34] кількість насіння, що підлягає виміру, відбирали методом хрестоподібного поділу. Для цього навіску насіння масою в 1 кг ретельно перемішували на столі та розмістили тонким шаром у формі квадрата.

За допомогою лінійки розділили квадрат по діагоналям на 4 частини. Дві протилежні частини зібрали разом, та знову перемішали. Розподіл виконували до отримання середньої проби з кількістю насіння в 500 штук. Використавши електронний штангенциркуль (рис. 3.3) виміряли довжину, ширину та товщину насіння з точністю до 0,01 мм.



Рисунок. 3.3 – Цифровий штангенциркуль PD-151

З використанням методів математичної статистики проведено обробку отриманих результатів. Для кожного розміру насіння визначали їх величину та статистичні характеристики. Дослідження розмірів проводилися з насінням кукурудзи, сої та сояшнику, отримано характеристики залежності між розмірами насіння, а саме кореляційні та варіаційні відношення [34, 36].

В дослідженнях отримано значення основних показників оцінки розмірів насіння:

1.  $M_X, M_Y, M_Z$  – середня довжина, середня ширина, середня товщина, мм;
2.  $\sigma_X, \sigma_Y, \sigma_Z$  – середні квадратичні відхилення насіння по довжині, ширині, товщині відповідно, мм;
3.  $V_X, V_Y, V_Z$  – коефіцієнти варіації довжини, ширини та товщини насіння відповідно, %;
4.  $\frac{M_X}{M_Y}, \frac{M_X}{M_Z}, \frac{M_Y}{M_Z}$  – відношення середніх розмірів насіння;
5.  $R_{XY}, R_{XZ}, R_{YZ}$  – коефіцієнти кореляції

$$R = \frac{(X_1 - M_X) \cdot (Y_1 - M_Y) + (X_2 - M_X) \cdot (Y_2 - M_Y) + \dots + (X_n - M_X) \cdot (Y_n - M_Y)}{\sqrt{[(X_1 - M_X)^2 + \dots + (X_n - M_X)^2] \cdot [(Y_1 - M_Y)^2 + \dots + (Y_n - M_Y)^2]}}, \quad (3.1)$$

де  $X_n$  и  $Y_n$  – значення випадкових величин в  $n$ -му досліді;

$M_X$  и  $M_Y$  – середнє значення випадкових величин  $X$  і  $Y$ .

Відхилення коефіцієнта кореляції визначаємо за рівнянням

$$\sigma_R = \frac{1 - R^2}{\sqrt{N}}, \quad (3.2)$$

де  $N$  – кількість виміряних насінин, шт.

Якщо:

$$|R| > 3R \cdot \sigma_R, \quad (3.3)$$

то можна бути впевненим, що між властивостями  $X$  и  $Y$  дійсно існує зв'язок.

Помилку середнього розміру (довжини, ширини та товщини) насіння визначаємо за рівнянням:

$$m_M = \frac{\sigma}{\sqrt{N}}, \quad (3.4)$$

де  $\sigma$  - середнє квадратичне відхилення, мм.

Показник точності досліді (довжини, ширини, товщини) визначаємо за рівнянням:

$$P = 100 \cdot \frac{m_M}{M}, \% \quad (3.5)$$

Помилку середнього квадратичного відхилення (довжини, ширини, товщини) визначаємо за рівнянням:

$$m_\sigma = \frac{\sigma}{\sqrt{2N}}, \text{ мм} \quad (3.6)$$

Помилку коефіцієнта варіації визначаємо за рівнянням:

$$m_v = \frac{V}{\sqrt{2N}} \cdot \sqrt{1 + 2\left(\frac{V}{100}\right)^2}, \% \quad (3.7)$$

Визначення вологості насіння виконували за допомогою вологоміру «Wille-55» (рис. 3.4) [35]. Відбір зразків виконувався з трикратною повторністю згідно ДСТУ 2240—93 [36]. Результати розрахунків середнього значення вологості насіння заносимо до табл. 3.1.



Рисунок 3.4 – Вологомір зерна "Wille 55"

Для визначення маси тисячі насінин, здійснювався відбір проб з трикратною повторністю [5, 36]. Для аналізу було використано насіння, виділене з наважок. Зважування виконували на електронних вагах AXIS BTU-210 (рис. 3.5) з точністю до 0,01 г. За трьома повторами визначалося середнє значення маси 1000 насінин.

Абсолютну масу насіння визначали за формулою [36]:

$$A = M_{1000} \cdot \frac{100 - W}{100}, \text{ г} \quad (3.8)$$



### Рисунок 3.5 – Ваги електронні AXIS BTU-210

Визначення коефіцієнта тертя спокою та руху (ковзання) проводилося за допомогою приладу В.О. Желіговського [37]. (рис. 3.6). При цьому використовувалися матеріали змінних поверхонь (у вигляді смуг) платформи установки:

- сталь листовая ГОСТ 19904-90 (незабарвлена);
- склотекстоліт ВФТ 4,0 ГОСТ 10292-74;
- алюміній лист А7 2 ГОСТ 21631-76 (незабарвлений).

Під час виконання експерименту основу рейки рухають по напрямній з невеликою і, по можливості, постійною швидкістю. При цьому, при певних значеннях  $\alpha$ , спостерігається ковзання тримача з досліджуваним матеріалом по рейці. При малому значенні  $\alpha$  може мати місце відсутність руху зразка відносно рейки. При збільшенні  $\alpha$  зразок має рух відносно рейки (рис. 3.3) під кутом тертя  $\varphi$  до перпендикуляра  $AB$ .

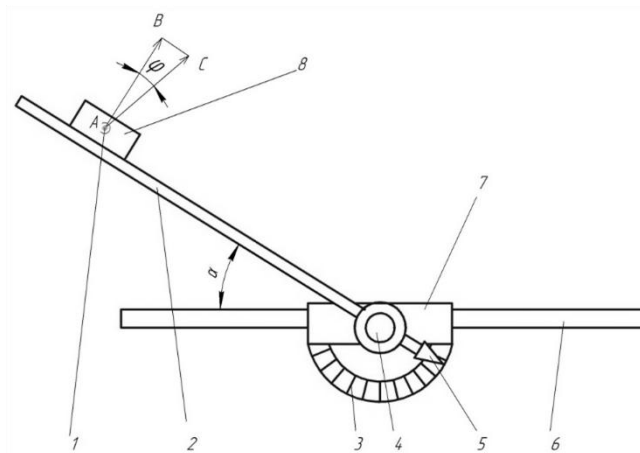


Рисунок 3.6 – Прилад для визначення коефіцієнта тертя матеріалу:

1 – олівець; 2 – рейка; 3 – кутопоказчик; 4 – фіксатор рейки;  
5 – стрілка рейки; 6 – напрямна; 7 – основа рейки; 8 – тримач зі зразком  
Кут  $\varphi$  визначали за допомогою кутопоказчика. Значення динамічного коефіцієнта тертя визначали за формулою:

$$f_d = \operatorname{tg} \varphi. \quad (3.9)$$

Досліди виконували з п'ятикратною повторністю. За отриманими значеннями визначили середнє значення величини динамічного коефіцієнта тертя.

Визначення кута природного укосу проводилося за допомогою кутоміру (рис. 3.7). Тангенс цього кута дорівнює коефіцієнту внутрішнього тертя [36]



Рисунок 3.7 –Кутомір визначення природного скосу сипких матеріалів

Повторність вимірів триразова. За даними трьох повторів визначено середнє значення кута природного укосу та обчислено коефіцієнт внутрішнього тертя насіння.

Результати досліджень розмірної оцінки посівного матеріалу наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристики розмірів насіння просапних культур

Культура	Сорт	Середній розмір, мм			Середнє квадратичне відхилення, мм			Коефіцієнт варіації, %		
		$M_X$	$M_Y$	$M_Z$	$\zeta_X$	$\zeta_Y$	$\zeta_Z$	$V_X$	$V_Y$	$V_Z$
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
Соняшник	Алькантара	14,77	7,93	4,55	1,34	0,81	0,79	9,1	10,2	17,4
	Політ 2	11,70	5,80	3,49	0,87	0,66	0,50	7,4	11,3	14,3
	<b>Середнє</b>	<b>13,24</b>	<b>6,86</b>	<b>4,02</b>	<b>1,10</b>	<b>0,735</b>	<b>0,64</b>	<b>8,25</b>	<b>10,75</b>	<b>15,8</b>
ру	Хотин	11,41	7,65	4,72	0,83	0,57	0,66	7,3	7,5	14



	Сармат	10,25	7,31	4,53	0,75	0,63	0,72	7,3	8,7	16,0
	<b>Середнє</b>	<b>10,83</b>	<b>7,48</b>	<b>4,63</b>	<b>0,79</b>	<b>0,60</b>	<b>0,69</b>	<b>7,30</b>	<b>8,10</b>	<b>15</b>

продовження табл. 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Соя	Богема	7,51	6,43	5,09	0,56	0,39	0,33	7,4	6,1	6,5
	Діона	7,75	6,21	5,12	0,60	0,42	0,32	7,8	6,8	6,3
	<b>Середнє</b>	<b>7,63</b>	<b>6,32</b>	<b>5,11</b>	<b>0,58</b>	<b>0,41</b>	<b>0,33</b>	<b>7,60</b>	<b>6,45</b>	<b>6,40</b>
Середнє значення середньо-квадратичних відхилень розмірів насіння					<b>0,88</b>	<b>0,6</b>	<b>0,43</b>	-	-	-
Середнє значення коефіцієнта варіації розмірів насіння, %								<b>7,4</b>	<b>8,0</b>	<b>11,2</b>

### 3.4 Дослідження роботи електроклапана

Процес висіву насіння здійснюється за рахунок стиснутого повітря, що надходить від ресивера 7 до сопло-ствола 4 рис. 3.1. Подача повітря регулюється електроклапаном за сигналами ми, що надходять з блока керування. Для встановлення технічних характеристик поведемо дослідження запірної арматури в якості якої використовуємо клапан клапан серії SV-F-ES-22-12-DC. Напруга живлення 12В, робочий тиск до 0,8 МПа, час спрацювання 0,005с.



Рисунок 3.8 – Електроклапан SV-F-ES-22-12-DC

В таблиці 3.2 наведено основні параметри електроклапану під час досліджень.

Таблиця 3.2 – Робочі параметри електроклапана

Параметри	Одиниці вимірювання	Значення
Робоче середовище	-	газ, рідина
Напруга живлення електроклапана	В	12
Робочий тиск	Атм.	0-8
Швидкодія відкриття клапана	мс	5
Тривалість імпульсу відкриття клапана під час досліджень	мс	15-35
Тиск наддуву повітря	Атм.	1-3

Методика проведення дослідів. Використовуючи редуктор встановлений на верхній частині ресивера задаємо необхідне значення тиску наддуву  $P_{над}$ . Час імпульсу та кількість циклів відкриття електроклапана задавали за допомогою блока керування лабораторною установкою посівної секції (рис. 3.1). За допомогою спірометра та секундоміра визначали витрату повітря. При проведенні досліджень визначався також час досліду  $T_0$  (с), та кількість циклів  $n_{ц}$ , інші параметри розраховувалися.

Розрахунок циклової подачі повітря  $q_{ц}$  здійснювали за рівнянням:

$$q_{ц} = \frac{50}{n_{ц}}, \text{ мл/цикл}, \quad (3.10)$$

Витрату повітря  $Q_{кл}$  за рівнянням:

$$Q_{\text{кл}} = \frac{\tau_{\text{імн}}}{10 \cdot \frac{T_{\text{д}}}{n_{\text{ц}}}}, \text{ л/ГОД} \quad (3.11)$$

Частоту  $f_n$  спрацювання клапана:

$$f_n = \frac{n_{\text{ц}}}{T_{\text{д}}}, \text{ Гц.} \quad (3.12)$$

Швидкість потоку повітря визначимо за рівнянням:

$$v_n = \frac{Q_{\text{кл}}}{S_c}, \text{ м/с} \quad (3.13)$$

де  $S_c$  – переріз насіннєпроводу, м приймаємо згідно додатку А;

Враховуючи не значну масу насіння просапних культур (кукурудзи, сої, соняшнику), прирівняємо швидкість насіння  $v_n$  до швидкості потоку повітря  $v_n$ .

За результатами експериментальних досліджень роботи електроклапана отримано графічну залежності циклової подачі повітря від тривалості імпульсу та тиску наддуву (рис. 3.9). Встановлено швидкість, та час висіву насіння в залежності від тиску наддуву (рис. 3.10).

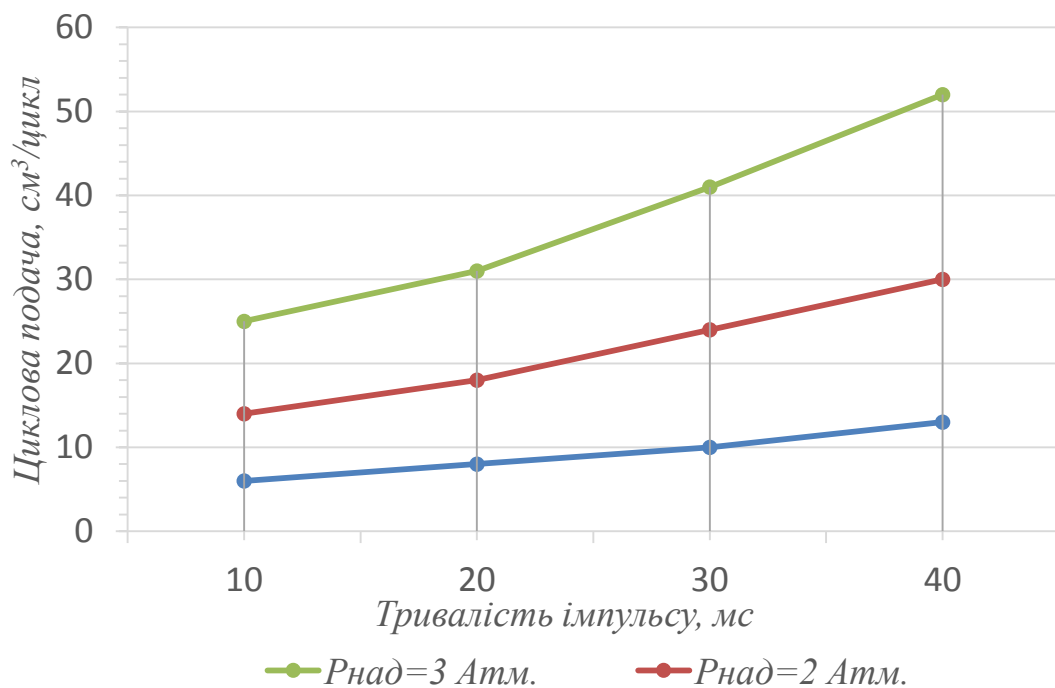


Рисунок 3.9 – Графічна залежність циклової подачі повітря від тривалості імпульсу відкриття електроклапана

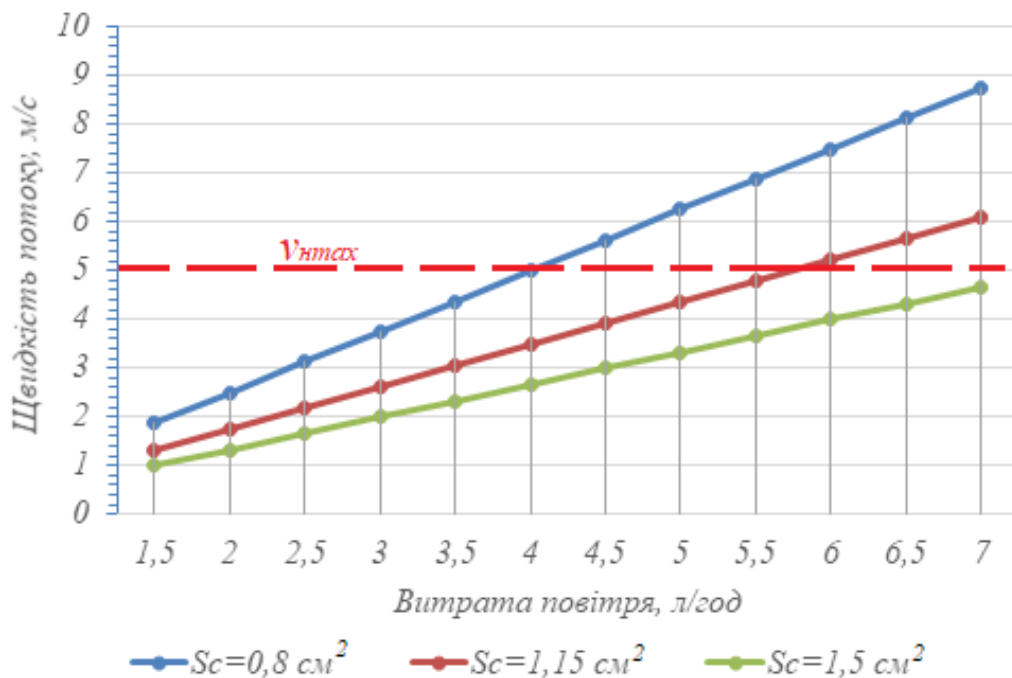


Рисунок 3.10 – Графічна залежність швидкості потоку повітря від витрати повітря на електроклапані

Аналізуючи графічну залежність циклової подачі від тривалості імпульсу відкриття клапана, можна зробити висновок що відсутність завалів характеристики свідчить про відмінну роботу клапана на високих частотах до 60 Гц при тривалості імпульсу відкриття електроклапана 40 мс. Що підтверджує достатню швидкодію клапана.

Враховуючи агрономічні вимоги [5] максимальна швидкість висіву насіння не повинна перевищувати  $v_{птсх}=5$  м/с, що необхідно врахувати при визначенні перерізу сопло-ствола експериментальної сівалки.

### 3.5 Дослідження точності висіву удосконаленої пневмомеханічної сівалки

Мета досліджень - встановлення впливу конструктивно-технологічних параметрів експериментальної сівалки з удосконаленим дозуючим пристроєм. За критерії оптимізації посівної техніки обираються коефіцієнт варіації

розподілення насіння в рядку за умови проведення польових досліджень. В нашому випадку експериментальні дослідження проведено в лабораторних умовах, тому в якості критерію оптимізації обрано точність висіву насіння в комірці лабораторного стенда (рис. 3.11, 3.12). Розроблений лабораторний стенд дозволяє провести імітацію висівів насіння експериментальною секцією сівалки в задані точки на полі. Стенд обладнано барабаном 10 з регульованим приводом 16 та уловлювачами насіння 15. Датчик переміщення секції сівалки (геркон) 8 реагує на точки висіву (магніти) і подає сигнал на блок керування 4 на відкриття клапана 12. Дослідження проводили до 500 висівів з наступним підрахунком кількості висіяних насінин сої по уловлювачам насіння. Відхилення від встановленого значення підраховували за рівнянням (2.1) та отримали точність висіву  $\tau_v$ .

Попередніми дослідженнями встановлено, що на точність висіву впливають такі фактори, частота обертання дозатора  $n_d$ , кут скошу витіснювача  $\alpha$ , частота висівів  $f_v$ .

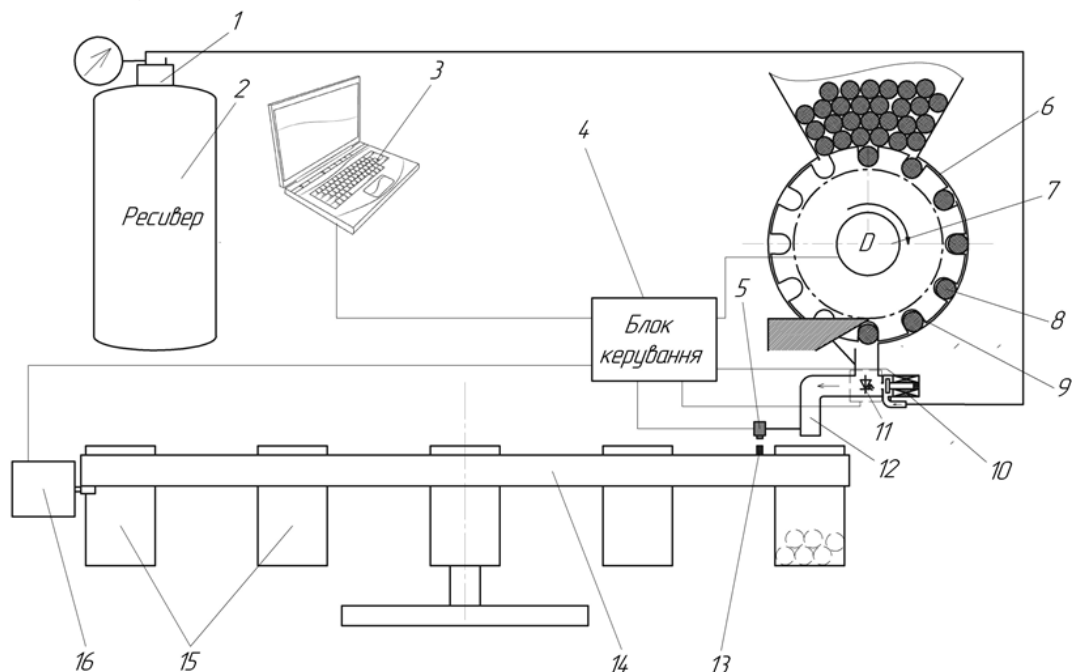


Рисунок 3.11 – Лабораторний стенд дослідження точності висіву

- 1 – редуктор; 2 – ресивер; 3 – вимірювальний комплекс; 4 – блок керування; 5 – датчик переміщення; 6 – дозатор; 7 – кроковий двигун; 8 – насінина; 9 – комірка; 10 – електроклапан; 11 – оптичний датчик;

12 – висівний ствол; 13 – мітки положення уловлювачів; 14 – барабан;  
 15 – насінне-уловлювачі; 16 – привід барабана.



Рисунок 3.12 – Загальний вигляд лабораторного стенду дослідження точності висіву

Для встановлення впливу конструктивно-технологічних параметрів на точність висіву, використаємо метод математичного планування багатофакторного експерименту з планом  $3 \times 27$  [39]. В таблиці 3.3 наведено основні фактори та рівні їх варіювання.

Таблиця 3.3 – Значення факторів

Фактори	Кодоване позначення	Рівні варіювання			Інтервали варіювання
		-1	0	1	
Кут скошу витіснювача , град $\alpha$	$X1$	28	34	40	6
Частота обертання дозатора, $\text{хв}^{-1}$	$X2$	220	240	260	20
Частота висівів, Гц	$X3$	2	6	10	4

Дослідження проводилися згідно розрахункової матриці, що дозволяє перебрати всі можливі варіації факторів при різних значеннях їх рівнів. Результати багатфакторного експерименту наведено в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Результати досліджень багатфакторного експерименту

№ досліду	Фактори			Критерій оптимізації		
				Точність висіву, %		
	<i>X1</i>	<i>X2</i>	<i>X3</i>	Факт.	Розр.	Відх.
				<i>Уф</i>	<i>Ур</i>	-
1	2	3	4	5	6	7
1	-1	-1	-1	89,66	90,1	-0,44
2	-1	-1	0	92,72	92,1	0,62
3	-1	-1	1	91,5	91,2	0,3
4	-1	0	-1	100	99,05	0,95
5	-1	0	0	100	99,05	0,95
6	-1	0	1	99,2	100	-0,8
7	-1	1	-1	93,5	92,9	0,6
8	-1	1	0	96,43	97,4	-0,97
9	-1	1	1	95,07	95,2	-0,13
10	0	-1	-1	87,77	87,3	0,47
11	0	-1	0	90,9	90,5	0,4
12	0	-1	1	89,74	88,9	0,84
13	0	0	-1	99,2	100	-0,8
14	0	0	0	100	99,5	0,5
15	0	0	1	99,5	100	-0,5
16	0	1	-1	91,21	90,4	0,81
17	0	1	0	94,19	94,2	-0,01
18	0	1	1	92,9	93,1	-0,2
19	1	-1	-1	76,74	76,5	0,24
20	1	-1	0	79,93	80,3	-0,37



21	1	-1	1	78,83	78,2	0,63
----	---	----	---	-------	------	------

продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7
22	1	0	-1	89,06	88,5	0,56
23	1	0	0	92,17	91,5	0,67
24	1	0	1	91,01	90,3	0,71
25	1	1	-1	79,76	80,1	-0,34
26	1	1	0	82,81	82,9	-0,09
27	1	1	1	81,57	81,2	0,37

Використавши програмний математичний пакет «Statistica» проведено розрахунки математичної матриці багатфакторного експерименту. За результатами розрахунків встановлено значення регресії, що характеризує точність висіву експериментальної сівалки.

Загальний вигляд рівняння регресії в розкодованому вигляді

$$\begin{aligned} \tau_g = & -94,75 + 45,85 \cdot \alpha + 8,65 \cdot n_d + 1,653 \cdot f_g - 0,4406 \cdot \alpha \cdot n_d \\ & + 3,68 \cdot \alpha \cdot f_g + 93,05 \cdot n_d \cdot f_g - 0,456 \cdot \alpha^2 - 168,05 \cdot n_d^2 - 3645,5 \cdot f_g^2 \end{aligned} \quad (3.14)$$

Відтворюваність досліду перевірили по критерію Кохрена [39] з імовірністю експерименту  $p=0,95$  порівнявши табличне та розрахункове значення. При трикратній повторності експерименту  $G_p = 0,0884 < G(0,05,27,2) = 0,2167$ , отже умова відтворюваності досліду виконується, однорідність дисперсії підтверджено.

Адекватність математичної моделі підтверджено порівнянням розрахункового та табличного значення критерію Фішера  $F_p = 1,57 < F_{таб} = 3,19$ , умова виконується, математична модель адекватна.

Використавши математичний пакет Statistika встановлено бажані значення факторів за яких точність висіву буде максимальною. Графічні залежності розрахунків бажаності факторів представлено на рис. 3.13.

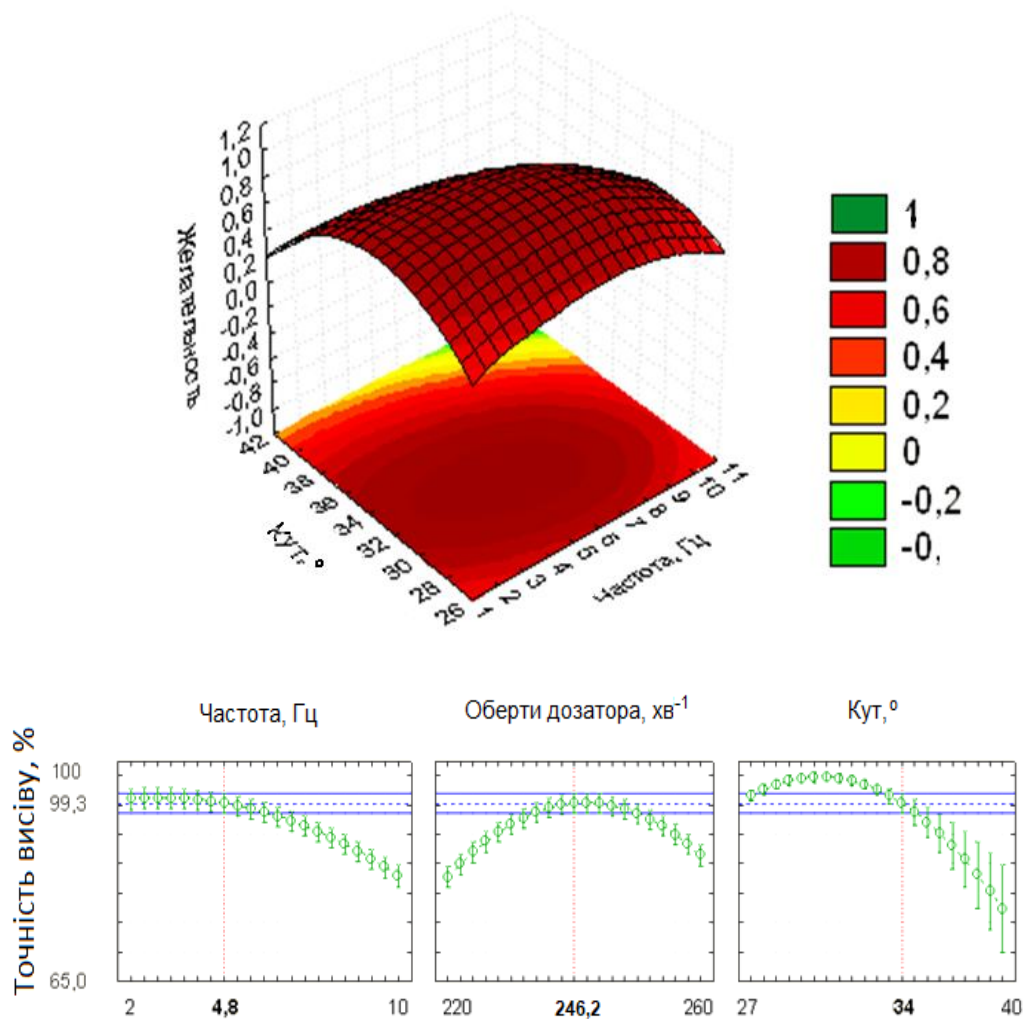


Рисунок 3.13 – Поверхня відгуків та бажаність факторів

### 3.6 Висновки

1. Результати досліджень фізико-механічні властивостей насіння враховано при проведенні теоретичних досліджень та при проектуванні основних частин сівалки.

2. Проведені дослідження електроклапан підтвердили достатню швидкодію клапана на високих частотах спрацювання до 60 Гц при тривалості імпульсу відкриття електроклапана 40 мс.

3. За результатами багатофакторного експерименту встановлено бажані значення конструктивно-технологічних параметрів сівалки з удосконаленим дозуючим пристроєм, що дозволять забезпечити висів насіння сої з точністю 99,3 відсотка: частота обертання дозатора  $n_d = 246,2 \text{ хв}^{-1}$ , кут скошу витіснювача  $\alpha = 34^\circ$ , частота висівів  $f_e = 4,8 \text{ Гц}$ .

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

### **4.1 Організація охорони праці**

Згідно положень закону України «Про охорону праці» [34], за охорону праці в господарстві відповідає директор, по структурним підрозділам відповідно наказу відповідальними, являються головний агроном (рослинництво) та головний інженер (механізація).

Відповідальні за безпеку праці в підрозділах ведуть контроль та проводять всі види інструктажів з безпеки праці. Вся інформація записується в реєстраційних журналах. Також в обов'язки відповідальних осіб входить контроль за куточками безпеки праці та засобами пожежогасіння, перевірка обладнання і засобів захисту робочих зон. Всі працівники що працюють в умовах запиленості та хімічного враження повинні бути забезпечені «засобами захисту».

В кожному виробничому підрозділі господарства розміщено куточок з охорони праці де розміщено вогнегасник та аптечку (для надання першої допомоги) та інструкції на місцях виробництва.

На території машинного двору знаходиться медичний пункт де проходять щоденний огляд водії та інші робітники..

Стан охорони праці по господарству знаходиться на хорошому рівні. Своєчасне проведення інструктажів на робочому місці, являється основним заходом для практичного засвоєння працівниками правильних навичок роботи на виробничих місцях та правил санітарії.

Приміщеннях ремонтних боксів та обслуговування машин мають достатнє освітлення та вентиляцію. Територія механізованої бригади має достатнє зовнішнє освітлення та обладнана громовідводами. Пункт видачі

паливо-мастильних матеріалів має відповідно куточок пожежної безпеки та обладнано громовідводами.

## **4.2 Стан охорони праці**

Всі працівники, зайняті в виробничому процесі проходять інструктаж з безпеки праці. Проведення інструктажу документально оформляється та підтверджується підписом проінструктованої особи.

Забезпечення протипожежної безпеки в майстернях, виробничих будівлях, на складах, майданчиках досягається за рахунок виконання правил протипожежної безпеки та обладнання даних об'єктів пожежними щитами, ємностями з водою. На всі виробничі ділянки розроблено інструкції про заходи пожежної безпеки. Інструкції розробляються інженерно-технічним персоналом, затверджуються керівником, вивчаються з усіма особами, які працюють на даному об'єкті, і вивішуються на видних місцях.

Особи, які не пройшли протипожежного інструктажу не допускаються до роботи. Протипожежний інструктаж робітників і службовців господарства проводимо одночасно з інструктажем по техніці безпеки. Про проведення інструктажу робиться відмітка у спеціальному журналі.

За результатами проведеного аналізу по виявленню недоліків пов'язаних з охороною праці та безпекою в надзвичайних ситуаціях можна зробити наступні висновки:

- проведення інструктажів з охорони праці на робочих місцях з усіма працівниками та перевірка знань працівників виконується вчасно з реєстрацією в відповідних журналах.

- енергетичні засоби, сільськогосподарські машини та обладнання, знаходяться в задовільному стані, працівники повністю забезпечені необхідним інструментом.

- контроль відповідності виконуваних робіт до фахового рівня працівників, відповідає дійсності.

- перед початком сезону збирання урожаю здійснюється контроль за проведенням ремонту електрообладнання зерно приймальних токів, зерноочисних машин та зерноавантажувачів.

- не всі будівлі та ангари, забезпечено громовідводами та заземленням.

Фінансова підтримка сфери охорони праці, позитивно впливає на зменшення травматизму та витрат на заміну чи ремонт обладнання. Щорічно господарство виділяє до 5% від прибутку на охорону праці.

### **4.3 Аналіз виробничого травматизму**

Основними причинами виробничого травматизму і профзахворювань є: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, психофізіологічні причини.

Проведенні вищеперераховані заходи по попередженню і ліквідації загрозливих ситуацій для працівників, не убезпечують від випадків травматизму. Це пов'язано з неуважністю, хворобливим станом, пришвидшеним виконання технологічних операцій працівником або нехтуванням правил охорони праці при виконанні робіт з використанням: енергетичних засобів, сільськогосподарських машин, технічних засобів виробництва, приладдя та устаткування.

Облік виробничого травматизму виконують за актами про нещасні випадки на виробництві (форма Н-1). Використовуючи звіти про травматизм та акти розслідування нещасних випадків (форма Н-5) проводяться статистичні методи розрахунку показників травматизм [42].

Частота травматизму:

$$K_{\text{ч}} = \frac{T \cdot 1000}{n_p}, \quad (4.1)$$

де:  $n_p$  – середнє число робітників, люд.;

$T$  - число потерпілих із втратою працездатності, чол.

Тяжкість травматизму:

$$K_T = \frac{D_n}{n_2}, \quad (4.2)$$

де:  $D_n$  - число днів непрацездатності, дні;

$n_2$  - число потерпілих із втратою працездатності, без обліку загиблих, чол.

Коефіцієнт непрацездатності:

$$K_H = \frac{D_n \cdot 1000}{n_p}, \quad (4.3)$$

де:  $D_n$  - число днів непрацездатності, дні.

Збільшення фінансування та планові заходи з охорони праці позитивно впливають на зменшення нещасних випадків. Але не зважаючи на це людський фактор завжди присутній в технологічному процесі тому потрібно продовжувати роз'яснювальну роботу серед робочого персоналу. На сьогоднішній день, підприємство має в наявності новітню техніку, яка відповідає всім параметрам охорони праці при експлуатації. Це забезпечує максимальну мінімізацію можливих травм.

#### **4.4 Вимоги з охорони праці під час експлуатації машино-тракторного агрегату на посіві**

##### **Загальні положення**

1. Керування трактором здійснюють трактористи-машиністи, що мають відповідну категорію і пройшли вступний та первинний інструктажі з питань охорони праці на робочому місці, та відсутні медичні протипоказання.

2. Керувати трактором в агрегаті з сівалкою дозволяється особам, які пройшли спеціальну підготовку.

3. Відповідно до положень тракторист повинен бути забезпечений спецодягом (костюмом з пилонепроникної тканини, рукавицями) та спецвзуттям.

4. Окремо тракторист-машиніст у встановленому порядку зобов'язаний пройти протипожежні інструктажі та виконувати їх правила.

### **Вимоги безпеки перед початком роботи**

1. Операції по проведенню технологічних регулювань виконуються при вимкненому двигуні трактора та з використанням захисних рукавичок

2. Перед початком роботи перевірити справність механізму агрегування

3. Початок роботи виконуємо після перевірки працездатності всього машино тракторного агрегату.

4. Перед початком посіву, здійснити перевірку якості підготовки поля.

5. Розпочинаючи рух необхідно переконатися, чи це буде безпечно для інших осіб.

6. Провести обкатування нових машин чи після ремонту.

### **Вимоги безпеки під час виконання роботи**

1. При роботі з помічником повинен бути налагоджений надійний зв'язок, робочі сигнали (жести рук).

2. Агрегування з сівалкою повинно виконуватися з використанням помічника, який сигналами допомагатиме зорієнтувати причіпний пристрій.

3. Сідати або сходити під час руху агрегату категорично забороняється.



4. Допоміжні сидіння на сівалці категорично забороняється встановлювати.

5. Стороннім особам категорично заборонено знаходитися в кабіні.

6. Робота у нічний час повинна виконувати за умови працездатного освітлення на енергетичному засобі.

### **Вимоги безпеки по закінченні роботи**

1. Очистка робочих елементів сівалки здійснюється в транспортному положенні за вимкненого двигуна трактора з використанням захисних рукавичок

2. Здати спецодяг в прання та прийняти душ.

### **Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях**

1. В випадку виникнення несправності машино-тракторного агрегату припинити його роботу.

2. В результаті виникнення нещасного випадку, погіршення здоров'я негайно повідомити керівника та надати першу медичну допомогу потерпілому. Місце нещасного випадку зберегти без змін до повного розслідування, якщо це не загрожує життю і здоров'ю оточуючих.

## **4.5 Заходи по поліпшенню охорони праці та безпеки в НС**

Провести розрахунки хімічного зараження території в результаті розгерметизації ємності з небезпечною хімічною речовиною при перевезенні автомобільним транспортом хлору 20 т. З швидкістю вітру 1 м/с, температурою навколишнього середовища 24 °С.

*Прогнозування хімічної обстановки* - отримання ймовірної інформації про хімічну обстановку, що може скластися на території регіону, об'єктах господа-

рювання на основі прогнозу (передбачення) наслідків хімічного зараження у відповідних умовах.

Визначення розмірів (*глибини, ширини*) та площі зони хімічного зараження [42]. Глибина прогнозованої зони розповсюдження хмари зараженого повітря з уражаючими концентраціями визначається за формулою:

$$\Gamma_p = \frac{\Gamma_T \cdot K_B}{K_{CX}} = \frac{100 \cdot 1}{1} = 100 \text{ км}, \quad (4.4)$$

де  $\Gamma_T$  – табличне значення глибини зони враження з врахуванням вихідних даних приймаємо 100 км, згідно [42].  $K_B$  – поправочний коефіцієнт на вітер приймаємо згідно [42];  $K_{CX}$  – коефіцієнт, що враховує тип сховища для не обвалованої ємності приймаємо  $K_{CX}=1$ .

Прогнозована зона хімічного зараження (ЗХЗ) для інверсії:

$$III_{xz} = 0,2 \cdot \Gamma_p = 0,2 \cdot 100 = 20 \text{ км}. \quad (4.5)$$

Площу ЗХЗ визначаємо за формулою:

$$S_{3xz} = 0,5 \cdot III_{xz} \cdot \Gamma_p = 0,5 \cdot 20 \cdot 100 = 1000 \text{ км}^2 \quad (4.6)$$

Часу підходу зараженої хмари до заданого об'єкта ( $t_{підх}$ ):

$$t_{підх} = \frac{R_0 \cdot 1000}{W_x \cdot 60} = \frac{20 \cdot 1000}{2 \cdot 60} = 166,6 \text{ хв} \quad (4.7)$$

де  $R_0$  – відстань від місця аварії, приймаємо 20 км;

$W_x$  – швидкість підходу забрудненої хмари повітря, приймаємо 2 м/с.

Визначення тривалості зараження господарства

$$t_{ур} = t_{ур \cdot табл} \cdot K_{ув} = 1,5 \cdot 0,54 = 0,81 \text{ год} \quad (4.8)$$

Згідно таблиці 2.3 [42] знаходимо, що для хлору в необвалованій ємності

$t_{\text{ур.табл}} = 1,5$  год. За швидкості вітру – 1 м/с з таблиці 2.4 [42] знаходимо  $K_{\text{шв}} = 0,54$ .

*Визначення можливих втрат людей, працюючих в господарстві.* Для наведених вихідних даних з таблиці 2.5 [42] знаходимо, що можливо ураження: 10% працівників в приміщеннях; 26% працівників, що працюють за межами приміщень.

*Загальні висновки:* Визначено, що  $\Gamma_p > R_0$ , це означає, що господарство потрапляє в ЗХЗ. Час підходу отруйної хмари 2,5 години цього часу достатньо для повної евакуації персоналу за умови оперативного сповіщення і зборів у визначеному місці.

#### **4.6 Висновки**

Охорона праці в господарстві організована належним чином і ведеться згідно нормативних документів. Проведені дослідження дали змогу виявити деякі недоліки пов'язані з безпекою праці в господарстві. Розроблені вимоги з охорони праці під час експлуатації машино-тракторного агрегату на посіві дозволять зменшити травматизм при виконанні операцію посіву сільськогосподарських культур та підвищать рівень працездатності персоналу.

## 5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ

Економічний ефект від впровадження удосконаленої пневмомеханічної сівалки УПМС для посіву просапних культур визначали, зіставляючи наведені витрати базового і нового варіанту [44]. Вихідні дані для розрахунку базового і проектного варіантів наведено в табл. 5.1. Оцінка економічної ефективності застосування розроблених машин проводилася в цінах 2021 року. Економічний ефект від зниження експлуатаційних витрат [44]:

$$E_e = (B_1 - B_2) \cdot B_p \quad (5.1)$$

де  $E_e$  – економічний ефект від впровадження удосконаленої сівалки в порівнянні з базовою, грн;

$B_1$  і  $B_2$  – приведені витрати на одиницю роботи, виробленої за допомогою нової та базової сівалок

$B_p$  – річний обсяг робіт, виконаних сівалкою.

Приведені витрати являють собою суму експлуатаційних витрат і нормативного прибутку:

$$B_n = B_e + H_n \quad (5.2)$$

де  $B_e$  – експлуатаційні витрати, грн/га;

$H_n$  – нормативний прибуток від капітальних вкладень, грн/га.

Експлуатаційні витрати є комплексною статтею витрат в собівартості продукції рослинництва.

Статті експлуатаційних витрат в залежності від виду та обсягу виконуваних за рік механізованих робіт, тобто річного завантаження, поділяють на постійні і змінні. До постійних витрат, які залежать від зміни річного завантаження, відносяться амортизаційні відрахування і витрати на утримання. До змінних витрат, що залежать прямо пропорційно від річного завантаження,

відносяться витрати на технічне обслуговування і ремонт, паливо-мастильні матеріали і оплату праці механізаторів.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані базового і удосконаленого варіантів

Показники	Базовий	Проектний
Склад агрегату	МТЗ-80 + СПЧ-6	МТЗ-80 + УПМС-6
Вид робіт	Посів	Посів
Площа посіву сівалкою протягом року, га	260	260
Балансова вартість машини, грн	127000	84600
Кількість посівних секцій, шт	6	6
Ширина захвату сівалки, м	4,2	4,2
Максимальна швидкість, км/год	8	8
Витрати паливно-мастильних матеріали з врахуванням продуктивності агрегату, кг/га	5,8	5,2
Витрати паливно-мастильних матеріали на весь осяг робіт, кг	1508	1352
Годинна тарифна ставка, грн	68	68
Кількість працівників що обслуговують машину, люд	1	1
Кількість днів роботи машини на посіві за рік, днів	14	12

Тривалість зміни, год	8	8
Маса сівалки, кг	580	490

Продуктивність трактора на посіві визначається з вираження:

$$W_{\tau} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau \quad (5.3)$$

де  $B_p$  – робоча ширина захвату агрегату, м табл.5.1;

$V_p$  – робоча швидкість руху, км/год приймаємо згідно табл. 5.1;

$\tau$  – коефіцієнт використання часу зміни приймаємо 0,85;

базовий

$$W_{\tauБ} = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 7 \cdot 0,85 = 2,49 \text{ га/год,}$$

проектний

$$W_{\tauП} = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 8 \cdot 0,85 = 2,85 \text{ га/год.}$$

Розрахунок доцільно починати з визначення вартості матеріальних, енергетичних і трудових ресурсів тобто вартості базових і проектних експлуатаційних витрат [44].

Експлуатаційні витрати значно залежать від рівня механізації виробничих процесів. Крім загальної суми річних експлуатаційних витрат по кожній операції, розраховуються також їх величина на одиницю виробленої продукції.

Річні експлуатаційні витрати, розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{екс}} = B_{\text{он}} + A + T + B_{\text{рес}} + IB, \quad (5.4)$$

де:  $B_{\text{он}}$  - витрати, які включають безпосередньо заробітну плату працівників і нарахування на заробітну плату, грн;

$A$  - сума амортизаційних відрахувань, грн;

$T$  - відрахування на поточний ремонт і техогляди, грн;

$B_{\text{рес}}$  - вартість спожитих на протязі року енергоресурсів, грн;

$IB$  – інші витрати (вартість миючих засобів, спецодягу і т.д.), грн.

Витрати на оплату праці:

$$B_{\text{он}} = 3 + H_3, \quad (5.5)$$

де:  $Z$  – фонд оплати праці, грн. (за рік);

$H_3$  - нарахування на фонд оплати праці, грн. Нарухування на фонд оплати праці включає єдиний соціальний внесок – 22% тоді  $H_3 = 0,22 \cdot Z$ .

Фонд оплати праці розрахуємо за наступною формулою:

$$Z = N_n \cdot t_{\text{доб}} \cdot D_p \cdot C_{\text{год}}, \quad (5.6)$$

де:  $N_n$  - кількість працівників, які обслуговують технічний засіб на виконанні операції, чол. згідно табл. 5.1;

$t_{\text{доб}}$  - тривалість роботи технічного засобу за добу, год. згідно табл. 5.1;

$D_p$  - кількість днів виконання технічним засобом операції на протязі року, днів згідно табл. 5.1.

$C_{\text{год}}$  - годинна тарифна ставка, грн згідно табл. 5.1.

Базовий:

$$Z = 1 \cdot 8 \cdot 14 \cdot 68 = 7616 \text{ грн,}$$

проектний:

$$Z = 1 \cdot 8 \cdot 12 \cdot 68 = 6528 \text{ грн.}$$

Визначимо нарахування на фонд оплати праці,

базовий:

$$H_3 = 0,22 \cdot 7616 = 1675 \text{ грн,}$$

проектний:

$$H_3 = 0,22 \cdot 6528 = 1436 \text{ грн.}$$

Тоді витрати на оплату праці становитимуть,

базовий:

$$B_{on} = 7616 + 1675 = 9292 \text{ грн,}$$

проектний:

$$B_{on} = 6528 + 1436 = 7964 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування на експлуатацію визначаємо за формулою:

$$A = \frac{B_m \cdot \alpha \cdot t_{\text{доб}} \cdot D}{100 \cdot D \cdot Z \cdot t} \quad (5.7)$$

де:  $B_m$  - балансова вартість технічного засобу, грн згідно табл. 5.1 .;

$\alpha$  - річна норма амортизації на технічний засіб, %.

Для машин та обладнання приймаємо 15 %;

$D$  - кількість днів роботи технічного засобу на всіх роботах за рік, днів, приймаємо згідно табл. 5.1;

$Z$  - кількість змін (планових) роботи за добу, змін/добу;

$t$  - тривалість (планова) роботи технічного засобу на протязі зміни, год/зміну.

Базовий:

$$A = \frac{127000 \cdot 15 \cdot 8 \cdot 14}{100 \cdot 14 \cdot 8 \cdot 1} = 19050 \text{ грн,}$$

проектний:

$$A = \frac{84600 \cdot 15 \cdot 8 \cdot 12}{100 \cdot 12 \cdot 8 \cdot 1} = 12690 \text{ грн.}$$

Відрахування на поточний ремонт і техогляди технічного засобу:

$$T = \frac{B_m \cdot b \cdot t_{\text{дог}} \cdot D}{100 \cdot D \cdot Z \cdot t} \quad (5.8)$$

де:  $b$  - річна норма відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування, % приймаємо  $b = 10\%$  .

Базовий:

$$T = \frac{127000 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 14}{100 \cdot 14 \cdot 8 \cdot 1} = 12700 \text{ грн,}$$

проектний:

$$T = \frac{84600 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 12}{100 \cdot 12 \cdot 8 \cdot 1} = 8460 \text{ грн.}$$

Вартість, спожитих на протязі року, енергоресурсів:

$$B_{\text{рес}} = B_{\text{пмм}}, \quad (5.9)$$

де  $B_{\text{пмм}}$  - вартість паливно-мастильних матеріалів, грн.;

В свою чергу  $B_{\text{пмм}}$  розраховуємо за формулою:

$$B_{\text{пмм}} = 3_{\text{пмм}} \cdot \Pi_{\text{пмм}}, \quad (5.10)$$



де  $Z_{\text{ПММ}}$  - річні витрати паливно-мастильних матеріалів, кг згідно табл. 5.1;

$C_{\text{ПММ}}$  - ціна 1 кг комплексного палива, приймаємо 28,5 грн/кг.

Базовий:

$$B_{\text{ПММ}} = 1508 \cdot 28,5 = 42978 \text{ грн,}$$

проектний:

$$B_{\text{ПММ}} = 1352 \cdot 28,5 = 38532 \text{ грн.}$$

Тоді вартість, спожитих на протязі року, енергоресурсів становитиме, базовий:

$$B_{\text{рес}} = B_{\text{ПММ}} = 42978 \text{ грн,}$$

проектний:

$$B_{\text{рес}} = B_{\text{ПММ}} = 38532 \text{ грн.}$$

Вартість інших витрат, які складають 5% від загальної суми експлуатаційних витрат:

$$IB = \frac{B_{\text{оп}} + A + T + B_{\text{рес}}}{100} \cdot 5, \quad (5.11)$$

базовий:

$$IB = \frac{9292 + 19050 + 12700 + 42978}{100} \cdot 5 = 4200 \text{ грн,}$$

Проектний:

$$IB = \frac{7964 + 12690 + 8460 + 38532}{100} \cdot 5 = 3382,3 \text{ грн.}$$

Провівши розрахунки складових формули 5.4 визначимо річні експлуатаційні витрати,

базовий:  $B_{\text{екс}}^B = 9292 + 19050 + 12700 + 42978 + 4200 = 88220,5 \text{ грн}$

проектний:  $B_{\text{екс}}^P = 7964 + 12690 + 8460 + 38532 + 3382,3 = 71028,47 \text{ грн}$

Для визначення терміну окупності додаткових капітальних вкладень по проекту, в роках, скористаємося наступною формулою:

$$T_o = \frac{B_m}{E_p}, \quad (5.12)$$

де:  $E_p$  - річний економічний ефект, грн.

При не змінному обсязі виконання роботи річний економічний ефект можна визначити як суму зменшення річних експлуатаційних витрат при роботі агрегату

$$E_p = B_{екс}^B - B_{екс}^П = 88220,5 - 71028,47 = 17192 \text{ грн.} \quad (5.13)$$

Економічний ефект з врахуванням приросту врожайності:

$$E_{зр} = (E_p + E_{вр}) = (17192 + 37452) = 54644, \text{ грн} \quad (5.14)$$

де  $E_{вр}$  – прибуток від приросту врожайності, грн/га;

Тоді термін окупності становитиме  $T_o = \frac{84600}{54644} = 1,54$  року

Економічні показники ефективності впровадження удосконаленої пневмомеханічної сівалки наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Економічні показники проекту

Показник	Варіанти		Проектний варіант в грн(+/-) до базового
	Базовий	Проектний	
1	2	3	4
Склад агрегату	МТЗ-80 + СПЧ-6	МТЗ-80 + УПМС-6	-
Вид робіт	посів	посів	-
Площа посіву, га	260	260	-
Балансова вартість машини, грн	127000	84600	-42400

Витрати паливно-мастильних матеріали на весь обсяг робіт, кг	1508	1352	-156
--	------	------	------

продовження табл. 5.2.

1	2	3	4
Річні експлуатаційні витрати – всього, грн.	88220,5	71028,47	-17192,03
У тому числі:			
заробітна плата з нарахуваннями	9292	7964	-1328
амортизаційні відрахування, грн	19050	12690	-6360
відрахування на поточний ремонт і техогляди технічного засобу, грн	12700	8460	-4240
вартість спожитих на протязі року енергоресурсів, грн	42978	38532	-4446
інші витрати, грн	4200	3382,3	-817,7
Річний економічний ефект, грн.	54644		
Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років	1,54		

### **Висновки:**

В даному розділі було проведено економічне обґрунтування пневмомеханічної сівалки з удосконаленим механічним дозатором. Проведено техніко-економічні розрахунки базового і проектного варіантів на посіві просапних культур. Запропоноване удосконалення дозволило збільшити продуктивність машино-тракторного агрегата в складі трактора МТЗ-80 та експериментальної сівалки УПМС-6 за рахунок надійного розвантаження комірок витіснювачем насіння та підвищення технологічної швидкості з 7 км/год базовий варіант до 8 км/год при збереженні високої точності висіву.

Річний економічний ефект від застосування удосконаленої сівалки склав 54644 грн. на посівній площі в 260 га, а термін окупності 1,54 року.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Найбільш поширеними просапними культурами в господарствах України на сьогоднішній час являються кукурудза, соняшник і соя. Проведений аналіз показав, що основними шляхами підвищення точності висіву даних культур являється удосконалення дозуючих частин та використання незалежного приводу дозаторів. Згідно проведеного аналізу конструкцій та технічних рішень по підвищенню точності висіву просапних культур, запропоновано схему та проведено удосконалення процесу дозування пневмомеханічної сівалки шляхом встановлення витіснювача насіння з комірок дозатору.

2. За результатами теоретичних досліджень:

- підтверджено, що точність висіву визначається за формулою (2.1), залежить від якості процесу відбору та розвантаження комірок дозуючого пристрою висівного апарата сівалки;

- встановлено максимальне значення окружної швидкості дозатора діаметром *180 мм* в межах  $V_0=2,15...2,3$  м/с, що забезпечить надійне заповнення комірок;

- становлено залежність кількості комірок дозатора від розмірів посівного матеріалу. Для дозатора діаметром *180 мм*, кількість комірок відповідно для насіння кукурудзи  $n_{кк}=16$ , насіння соняшника,  $n_к=20$ , насіння сої  $n_к=28$  комірок;

- встановлено межі варіювання сили виштовхування насіння витіснювачем  $F=0,8...2,06$  Н, що забезпечує надійне розвантаження комірок та не травмує насіння;

3. За результатами експериментальних досліджень:

- встановлено фізико-механічні властивості посівного матеріалу, які враховано при розрахунку механічного дозатора;

- підтверджено працездатність запірної арматури на високих частотах спрацювання до 60 Гц при тривалості імпульсу відкриття електроклапана 40 мс.

- встановлено бажані значення конструктивно-технологічних параметрів сівалки з удосконаленим дозуючим пристроєм, що дозволять забезпечити висів насіння сої з точністю 99,3 відсотка: частота обертання дозатора  $n_d = 246,2 \text{ хв}^{-1}$ , кут скошу витіснювача  $\alpha = 34^\circ$ , частота висівів  $f_s = 4,8 \text{ Гц}$ .

4. Розроблені заходи та інструкція по охороні праці при експлуатації посівного агрегату, дозволять зменшити травматизм на підприємстві та підвищать рівень працездатності персоналу.

5. Запропоноване удосконалення дозволило збільшити продуктивність машино-тракторного агрегата в складі трактора МТЗ-80 та експериментальної сівалки УПМС-6 за рахунок надійного розвантаження комірок витіснювачем насіння та підвищення технологічної швидкості з 7 км/год базовий варіант до 8 км/год при збереженні високої точності висіву.

Річний економічний ефект від застосування удосконаленої сівалки склав 54644 грн. на посівній площі в 260 га, а термін окупності 1,54 року.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лихочвор В.В. Рослинництво: технології вирощування сільськогосподарських культур / В.В. Лихочвор. – К.: Центр навчальної літератури, 2004. – 808 с.
2. Рекомендації по забезпеченню оптимальної густоти посівів сільськогосподарських культур / за ред. А.Г. Балана –К.: Урожай, 1974. – 64 с.
3. Белодедов В.А. К вопросу равномерности распределения семян при посеве / В.А. Белодедов // Труды КСХИ, 1969. вып. № 12. С. 81-90.
4. Соя – стратегічна культура світового землеробства : Полтав. держ. аграр. акад., б–ка ; [уклад. І. І. Фіненко ; наук. ред. Л. Г. Білявська ; відп. за вип. Л. О. Снітко]. – Полтава : ПДАА, 2017. – 100 с. : іл
5. Технологія виробництва продукції рослинництва : навч. посіб. Ч.1 / [Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д.]. - К. : Аграрна освіта, 2010. – 282 с.
6. Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України: монографія / Є.М. Огурцов, В.Г. Міхеєв, Ю.В. Белінський, І.В. Клименко; за ред. д-ра с.-г. наук, професора, чл.-кор. НААН України М.А. Бобро. – Х.: ХНАУ, 2016. – 268 с.
7. Рослинництво: Підручник / О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко. – К. : Аграрна освіта, 2001. – 591 с
8. Технології вирощування сої для умов різного фінансового стану товаровиробників / За ред. Д.І. Мазоренка і Г.Є.Мазнева. – Харків: «Майдан». – 2008. – 146 с.
9. Сисолін П.В., М.О. Свірень. Висівні апарати сівалок. Кіровоград. 2004. 160 с.

10. Бузенков Г.М., Ма С.А. Машины для посева сельскохозяйственных культур. М.: «Машиностроение». 1976. 272 с.
11. Тарасенко В. Вирощування овочів стрічково-координатним способом. Овощеводство: украинский журнал для профессионалов. 2018. № 10. С. 54-57.
12. Чичкин В.П. Овощные сеялки и комбинированные агрегаты: теория, конструкция и расчет. Кишинев. 1984. 393 с.
13. Горячкин, В.П. Собрание соч / В.П. Горячкин. – М.: Колос, – 1968. – Том 1, с. 244-253.
14. Сысолин П.В. Исследование высевающего аппарата сеялки СЗ-3,6 / П.В. Сысолин, А.В. Ликкей, К.Г. Иваница, А.Ф. Шило // Конструирование и технология производства сельскохозяйственных машин. – К.: Техника, 1973. – Вып. 3. – С. 47-51.
15. Иваница К.Г. Исследование технологии высева зерна и изыскание рациональных параметров высевающего аппарата: автореф. дис. на соискание учёной степени канд. техн. наук: спец. 05.20.01 «Механизация сельскохозяйственного производства» / К.Г. Иваница. – Харьков, 1972. – 26 с.
16. Сеялки точного высева СТВ-8К: веб-сайт. URL: <https://belagro.ua/catalog/selskohozjajstvennaja-tehnika/posev/sivalki-prosapni/73135>
17. «VESTA 8 PROFI» Пропашная сеялка джерело: [https://old.elvorti.com/index.php?cname=vesta\\_8\\_profi](https://old.elvorti.com/index.php?cname=vesta_8_profi)
18. Сеялка СПЧ-6 джерело: <https://selhoztehnik.com/seyalka-spch-6>
19. Сівалка точного висіву MONOSEM NG PLUS 4 джерело: <https://agrimatco.ua/products/navisna-sivalka-tochnogo-visivu-monosem-ng-plus-4>
20. Сівалка СВТВ 4-8 ДНІПРЯНКА джерело: <http://www.ast-dnepr.com.ua/ru/catalogue/seyalka%20na%20traktore/>
21. Сівалка точного висіву просапних культур Aeromat 8S <https://www.monolitagro.ru/home/pochvoobrabotka/seyalkikongskilde/aeromat/111-aeromat.html>
22. Стрічкова сівалка «Stanhay» <http://www.stanhay.com/>

23. Руденко, Н.Е. Сеялки для посева семян пропашных культур: учебное пособие / Н.Е. Руденко. Ставрополь: Изд. СтГАУ «Агрус», 2005. – 72 с.
24. Новицкий, Л.А. Расчёт параметров рассеивающего устройства сошника сплошного посева // Сельскохозяйственные науки: Учёные записки Петрозаводского Государственного университета им. О.В. Куусинена, вып. 2 . - Петрозаводск, 1965. - С.206-209.
25. Лесуненко А.А. Обґрунтування параметрів пневмомеханічного апарата точного висіву на посівах сої. Дипломна робота. ДДАЕУ 2018. – 88с.
26. Клёнин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: элементы теории рабочих процессов, расчёт регулировочных параметров и режимов работы: Учебник для студ. высш. с.-х. учеб. зав. / Н.И. Клёнин, В.А. Саун. – [2-е изд.] – М.: Колос, 1980. – 671 с.
27. Летошнев М.Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчёт, проектирование и испытания / М.Н. Летошнев. – М.; Л.: Гос. изд-во с.-х. лит. 1995. – 764 с. (2-е изд., перераб. и доп.).
28. Машины для точного посева пропашных культур: конструирование и расчёт / [Басин В.С., Брей В.В., Погорелый Л.В. и др.]; под ред. .В. Погорелого. – К.: Техніка, 1987. – 151 с.
29. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / [Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін.]; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
30. Тырнов, Ю.А. Конструктивные параметры высевающего диска сеялки для посева капсулированных семян / Ю.А. Тырнов, А.В. Балашов, В.П. Белогорский, С.П. Стрыгин // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – №1. – С. 5 – 6
31. Павловский, М.А. Теоретическая механика/ М.А. Павловский, Т.В. Путята. – Киев: Вища школа, -1985.- 478с.
32. Надикто В.Т. Основи наукових досліджень. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС. 2019. 268 с.



33. Пилипчук М.І. Основи наукових досліджень: Підручник / М.І. Пилипчук, А.С., Григор'єв В.В. Шостак. – К.: Знання, 2007. – 270 с.
34. Царенко О.М., Войтюк Д.Г., Швайко В.М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. К.: Мета. 2003. 243 с.
35. Вологомір зерна WILE-55 джерело:  
<https://www.olis.com.ua/ukr/vlagomer-zerna-wile-55.html>
36. Державний стандарт України. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови. ДСТУ 2240—93.
37. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Практикум / [Бакум М.В., Горбатовський О.М., Манчинський В.Ю., Манчинський Ю.О., Сергєєва А.В.]; за ред. Ю.О. Манчинського. – Харків: ХНТУСГ, 2005. – 196 с.
38. Беляев Н.М. Термодинамика переменного количества газа. – Днепропетровск.: ДГУ. 1981. 110 с.
39. Пилипчик М.І. Математичне планування багатофакторного експерименту: Навч. посібник / М.І. Пилипчик, М.Д. Кірик, А.С. Григор'єв та ін. – Л.: УкрДЛТУ, 2004. – 54 с
40. Теория, конструкция и расчёт сельскохозяйственных машин: Учебник для вузов сельскохозяйственного машиностроения / [Босой Е.С., Верняев О.В., Смирнов И.И., Султан-Шах Е.Г.]; под ред. Е.С. Босого. – 2-е изд., перераб. и доп. – Машиностроение, 1977. – 568 с.
41. «Закон України «Про охорону праці». Закон введено в дію з дня опублікування – 24.11.1992 року N 2695-ХІІ)»
42. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; Нац. гірн. ун-т. –2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.
43. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки" від 18.01.2001 N 2245-ІІІ)
44. Методичні рекомендації по економічному обґрунтуванню дипломних проектів для студентів факультету механізації сільського господарства, які

захищають диплом на кафедрі тракторів і автомобілів / Дніпр, держ. агр. ун-т.;  
уклад. М.О. Сичова, Н.О Шевченко. - Дніпропетровськ: ДДАУ, 2008. -24 с.

## *ДОДАТКИ*



**МАТЕРИАЛИ**  
**XVII МЕЖДУНАРОДНА НАУЧНА ПРАКТИЧНА**  
**КОНФЕРЕНЦИЯ**

**БЪДЕЩЕТО ВЪПРОСИ ОТ СВЕТА**  
**НА НАУКАТА - 2021**

17 - 25 декември , 2021

**Volume 10**

София  
«Бял ГРАД-БГ ОДЦ»  
2021

## СЕЛСКО СТОПАНСТВО

### Механизация на селското стопанство

Сокол С.П., Светлицький Д.М. ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИСІВУ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ДОЗУВАННЯ НАСІННЯ ПНЕВМОМЕХАНІЧНОЇ СІВАЛКИ .....	73
---	----

### Растениеводство, селекция и производство на семена

Кирсанова Г.В., Вертегал А.І. ОПТИМІЗАЦІЯ АГРОТЕХНІКИ ВИРОЩУВАННЯ СОНЯШНИКУ ЗА РАХУНОК ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОДОБРІВ В УМОВАХ ПІВНІЧНОГО СТЕПУ УКРАЇНИ .....	77
---	----

## СЪВРЕМЕННИТЕ ИНФОРМАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

### Компютърни науки и програмиране

Терейковська Л.О., Мозкарівський О.В. МЕТОД БЕЗПЕЧНОЇ МАРШРУТИЗАЦІЇ МЕРЕЖЕВОГО ТРАФІКУ .....	80
---	----

### Информационна сигурност

Висоцька О.О., Цевельов Є.О. УДОСКОНАЛЕНА СИСТЕМА АВТЕНТИФІКАЦІЇ В ОРГАНІЗАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДДАЛЕНОГО ДОСТУПУ .....	83
---	----

## ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ

### Механика

Bezvesilna O.M. , Kotliar S.S. DYNAMIC ERROR OF STABILIZATION.....	86
<b>CONTENTS</b> .....	90

## Додаток А

### Вихідні дані для проведення розрахунків сівалки

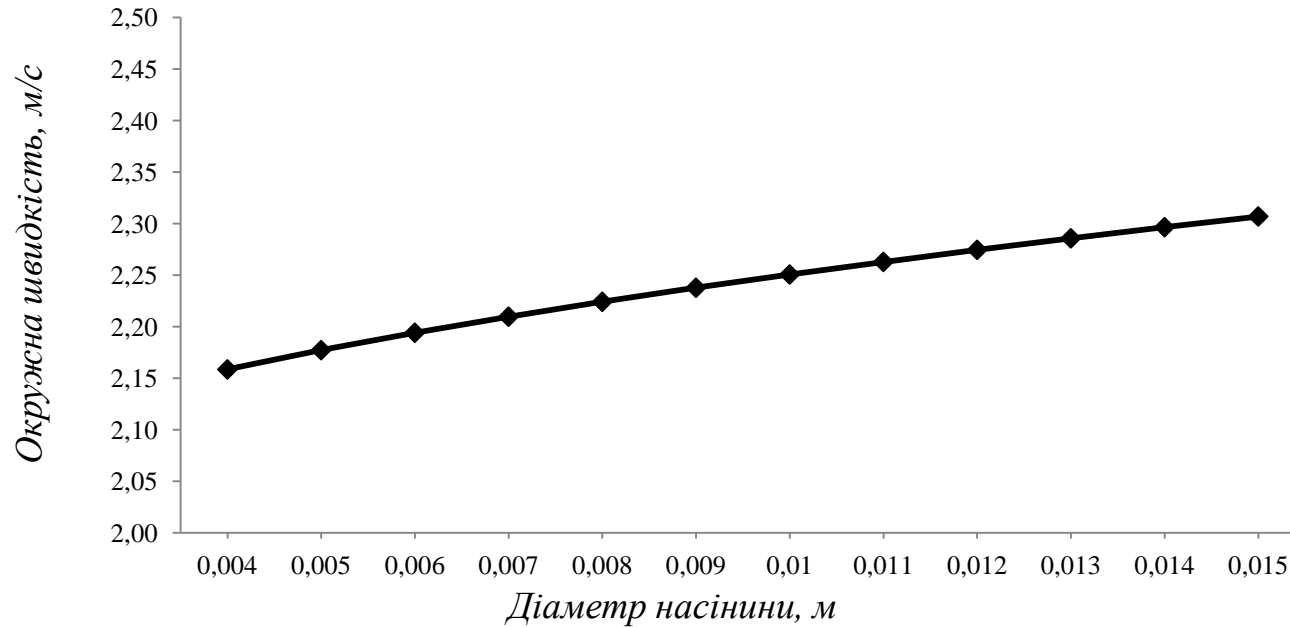
Параметри	Позн.	Значення
Діаметр насіння, мм	$d_n$	3...14
Маса сівалки, кг	$m_v$	490
Діаметр дозатора, мм	$D\delta$	90
Діаметр вала дозатора, мм	$d_B$	6
Маса дозатора, кг	$m_\delta$	0,340
Товщина дозатора, мм	$h$	25
Коефіцієнт ймовірності пропусків заповнення комірок насінням	$\delta_n$	0,5
Частота обертання дозатора, $\text{хв}^{-1}$	$n_\delta$	120-300
Робочий тиск, Атм	$P_{над}$	0,5-4
Щільність повітря при 20 °С, $\text{кг/м}^3$	$\rho_n$	1,20
Інтервали між висівними гніздами, м	$L_z$	0,05-0,7
Переріз висівного ствола, мм	$S_c$	5-15
Довжина ствола, мм	$L_c$	50-250
Ширина ущільнюючого колеса, м	$B$	0,2

## Додаток Б

### Теоретичні дослідження заповнення комірок дозатора

Діаметр насінин, мм	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Діаметр комірки, мм	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13	14,3	15,6	16,9	18,2	19,5
Окружна швидкість, м/с	2,16	2,18	2,19	2,21	2,22	2,24	2,25	2,26	2,27	2,29	2,30	2,31

Умова заповнення насінням комірок дозатора



Додаток В  
Характеристики розмірів насіння просапних культур

Культура	Сорт	Середній розмір, мм			Середнє квадратичне відхилення, мм			Коефіцієнт варіації, %		
		$M_X$	$M_Y$	$M_Z$	$\zeta_X$	$\zeta_Y$	$\zeta_Z$	$V_X$	$V_Y$	$V_Z$
Соняшник	Алькантара	14,77	7,93	4,55	1,34	0,81	0,79	9,1	10,2	17,4
	Політ 2	11,70	5,80	3,49	0,87	0,66	0,50	7,4	11,3	14,3
	<b>Середнє</b>	<b>13,24</b>	<b>6,86</b>	<b>4,02</b>	<b>1,10</b>	<b>0,735</b>	<b>0,64</b>	<b>8,25</b>	<b>10,75</b>	<b>15,8</b>
Кукурудза	Хотин	11,41	7,65	4,72	0,83	0,57	0,66	7,3	7,5	14
	Сармат	10,25	7,31	4,53	0,75	0,63	0,72	7,3	8,7	16,0
	<b>Середнє</b>	<b>10,83</b>	<b>7,48</b>	<b>4,63</b>	<b>0,79</b>	<b>0,60</b>	<b>0,69</b>	<b>7,30</b>	<b>8,10</b>	<b>15</b>
Соя	Богема	7,51	6,43	5,09	0,56	0,39	0,33	7,4	6,1	6,5
	Діона	7,75	6,21	5,12	0,60	0,42	0,32	7,8	6,8	6,3
	<b>Середнє</b>	<b>7,63</b>	<b>6,32</b>	<b>5,11</b>	<b>0,58</b>	<b>0,41</b>	<b>0,33</b>	<b>7,60</b>	<b>6,45</b>	<b>6,40</b>
Середнє значення середньо-квадратичних відхилень розмірів насіння					<b>0,88</b>	<b>0,6</b>	<b>0,43</b>	-	-	-
Середнє значення коефіцієнта варіації розмірів насіння, %								<b>7,4</b>	<b>8,0</b>	<b>11,2</b>



Додаток Г

Результати теоретичних розрахунків граничної кількості комірок  $n_k$  на дозаторові за діаметра  $D_d=90$  мм

Діаметр насінин, мм	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Довжина комірки, мм	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13	14,3	15,6	16,9	18,2	19,5	20,8
Кількість комірок на дискові, шт	18	14	12	10	9	8	7	6	6	5	5	4	4

Результати теоретичних розрахунків граничної кількості комірок  $n_k$  на дозаторові за діаметра  $D_d=120$  мм

Діаметр насінин, мм	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Довжина комірки, мм	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13	14,3	15,6	16,9	18,2	19,5	20,8
Кількість комірок на дискові, шт	24	19	16	13	12	10	9	8	8	7	6	6	6

Результати теоретичних розрахунків граничної кількості комірок  $n_k$  на дозаторові за діаметра  $D_d=150$  мм

Діаметр насінин, мм	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Довжина комірки, мм	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13	14,3	15,6	16,9	18,2	19,5	20,8
Кількість комірок на дискові, шт	30	24	20	17	15	13	12	10	10	9	8	8	7

Результати теоретичних розрахунків граничної кількості комірок  $n_k$  на дозаторові за діаметра  $D_d=180$  мм

Діаметр насінин, мм	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Довжина комірки, мм	5,2	6,5	7,8	9,1	10,4	11,7	13	14,3	15,6	16,9	18,2	19,5	20,8
Кількість комірок на дискові, шт	36	28	24	20	18	16	14	13	12	11	10	9	9