

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність **208 Агроінженерія**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

агроінжинірингу

\_\_\_\_\_ Шуляк М.Л.

“10” вересня 2024 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Кузьменку Олександрю Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технологій післязбиральної обробки насіння соняшника з обґрунтуванням параметрів зерноочисної машини в умовах ПП «Довжик» Охтирського району Сумської області

керівник роботи: ст. викладач Сировицький К.Г.,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “10” 10 2024 року № 3484/ос

2. Строк подання здобувачем роботи: “ 01 ” \_\_\_\_ 06 \_\_\_\_ 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: 1.Нормативно-технічна документація по розробці механізованих технологічних процесів у рослинництві. 2. Науково-технічна література. 3. Літературні джерела інформації та Інтернет ресурси.4. Методичні рекомендації до виконання проекту (роботи)

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. 1. Аналіз господарської діяльності ПП «Довжик» Охтирського району Сумської області 2. Технологічна частина 3. Удосконалення конструкції зерноочисної машини та обґрунтування параметрів 4. Охорона праці. 5. Економічна частина. Загальні висновки. Список літературних джерел.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 1Характеристика господарства (А1). 2 Технологічна карта (А1). 3. Операційна карта (А1). 4. Складальне креслення апарата (А1).5 Деталювання (А1)

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Економічна частина			

7. Дата видачі завдання: “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Обрання теми	04.09.2024-10.09.2024	
2.	Збір інформації про діяльність господарства	11.09.2024-30.09.2024	
3.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	02.10.2024-02.12.2024	
4.	Складання плану роботи	04.12.2024-09.12.2024	
5.	Написання вступу	11.12.2024-18.12.2024	
6.	Підготовка розділу «Аналіз господарської діяльності господарства»	19.12.2024-09.01.2025	
7.	Підготовка розділу «Технологічна частина»,	10.01.2025-21.02.2025	
8.	Підготовка розділу «Удосконалення конструкції зерноочисної машини та обґрунтування параметрів»	22.02.2025-10.04.2025	
9.	Підготовка розділу «Охорона праці»	11.04.2025-17.04.2025	
10.	Підготовка розділу «Економічна частина»	18.04.2025-30.04.2025	
11.	Написання загальних висновків	01.05.2025-09.05.2025	
12.	Подання роботи на перевірку унікальності	до 10.05.2025	
13.	Подання роботи до експертної ради факультету	до 13.05.2025	
14.	Подання роботи на рецензування	до 20.05.2025	
15.	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2025	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ **Кузьменко О.В.**  
(підпис) (прізвище та ініціали)

**Керівник**  
**кваліфікаційної роботи** \_\_\_\_\_ **Сировицький К.Г.**

## АНОТАЦІЯ

**Кузьменко О.В. Удосконалення технологій післязбиральної обробки насіння соняшника з обґрунтуванням параметрів зерноочисної машини в умовах ПП «Довжик» Охтирського району Сумської області.** Кваліфікаційна (бакалаврська) робота на здобуття ступеня бакалавра за спеціальністю 208 Агроінженерія. – СНАУ. - Суми.- 2025, 53 с.

Кваліфікаційна (бакалаврська) робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел із 31 найменування та додатків. Загальний обсяг роботи становить 53 сторінок, на яких представлено 4 таблиць, 11 рисунків, 3 додатки та 5 аркушів графічної частини формату А1.

Кваліфікаційна (бакалаврська) робота присвячена удосконаленню технологій післязбиральної обробки насіння соняшника з обґрунтуванням параметрів зерноочисної машини в умовах ПП «Довжик» Охтирського району Сумської області. У роботі проведено агротехнологічний аналіз умов вирощування соняшника в зоні Лісостепу України, що дозволило розробити ефективну інтенсивну технологію його виробництва із забезпеченням механізації всіх етапів — від сівби до очищення врожаю.

Особливу увагу приділено етапу післязбирального очищення насіння, зокрема попередній та первинній обробці. Встановлено доцільність застосування зерноочисних машин з циліндричними решетами, що обертаються, для забезпечення високої якості очищення за один прохід. Проаналізовано існуючі конструкції машин та виявлено шляхи їх удосконалення.

Запропоновано модернізовану конструкцію решета скальператорного типу з обґрунтуванням його конструктивних і режимних параметрів, що забезпечують ефективне розділення зернової суміші на кілька фракцій. Розроблена операційно-технологічна карта первинної очистки насіння соняшника. Проведені кінематичні, енергетичні та конструктивні розрахунки сепараторної системи, що дозволяє знизити металомісткість, енерговитрати та собівартість виготовлення машини.

В роботі також наведено заходи з охорони праці та техніки безпеки при експлуатації модернізованої зерноочисної машини, зокрема схема захисного заземлення. Проведено економічне обґрунтування доцільності впровадження запропонованих технічних рішень. Підтверджено ефективність модернізації шляхом підвищення якості очищення, що дозволяє отримати додатковий дохід та зменшити загальні виробничі витрати.

**Ключові слова:** соняшник, зерноочисна машина, скальператор, післязбиральна обробка

## ABSTRACT

**Kuzmenko O.V. Improvement of Post-Harvest Processing Technologies of Sunflower Seeds with the Justification of Grain Cleaning Machine Parameters under the Conditions of PP “Dovzhyk”, Okhtyrka District, Sumy Region.** Bachelor’s Qualification Thesis for the Degree of Bachelor in Specialty 208 Agroengineering. – SNAU. – Sumy. – 2025. – 53 p.

The bachelor's qualification thesis consists of an introduction, five chapters, general conclusions, a list of 31 references, and appendices. The total volume of the work is 53 pages, which includes 4 tables, 11 figures, 3 appendices, and 5 sheets of graphic material in A1 format.

The bachelor's qualification thesis is devoted to improving post-harvest processing technologies of sunflower seeds with the justification of parameters for a grain cleaning machine under the conditions of PP "Dovzhyk", Okhtyrka district, Sumy region. The study presents an agro-technological analysis of sunflower cultivation conditions in the Forest-Steppe zone of Ukraine, which enabled the development of an effective intensive production technology with full mechanization — from sowing to post-harvest processing.

Particular attention is paid to the post-harvest cleaning stage, especially preliminary and primary cleaning. The research confirms the relevance of using rotary drum-type grain cleaning machines to ensure high-quality separation in a single pass. Existing machine designs were analyzed, and ways for improvement were identified.

A modified design of a scalper-type sieve was proposed, with substantiated structural and operational parameters ensuring efficient separation of the grain mixture into several fractions. An operational and technological map for the primary cleaning of sunflower seeds was developed. Kinematic, energy, and structural calculations of the separator system were carried out, resulting in reduced metal consumption, energy use, and production cost.

The work also includes labor safety measures and operational safety instructions for the improved grain cleaning machine, including a grounding protection scheme. An economic justification for the proposed technical improvements was provided. The effectiveness of the modernization was confirmed by enhanced cleaning quality, enabling additional income and reduced production costs.

**Keywords:** sunflower, grain cleaning machine, scalper, post-harvest processing, mechanization

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Аналіз господарської діяльності ПП «Довжик» Охтирського району Сумської області.	7
1.1 Розташування та природно-кліматичні умови господарства .....	7
1.2 Землекористування, структура посівних площ та склад машино-тракторного парку.....	7
1.3 Аналіз врожайності та валового збору господарства.....	10
1.4 Задачі кваліфікаційної роботи.....	14
2 Технологічна частина .....	15
2.1 Технологія вирощування соняшнику .....	15
2.2 Розробка операційно-технологічної карти первинної очистки насіння соняшника .....	20
2.3 Підготовка зерноочисної машини та робочого місця до роботи.....	25
2.4 Контроль якості виконання операції.....	26
3 Удосконалення конструкції зерноочисної машини та обґрунтування параметрів .....	28
3.1 Опис об'єкта розробки.....	28
3.2 Обґрунтування параметрів скальператорного решета .....	31
4 Охорона праці.....	43
4.1 небезпечні та шкідливі фактори .....	43
4.2 Вимоги безпеки при виконанні післязбиральної обробки на зерноочисній машині.....	43
4.3 Заходи щодо забезпечення персоналу від утворення електричного струму.....	44
5 Економічна частина.....	46
Загальні висновки.....	48
Список використаних джерел.....	50
Додатки	

## ВСТУП

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору України особливої актуальності набуває питання підвищення ефективності технологічних процесів, що забезпечують якісне зберігання, обробку та підготовку урожаю до реалізації чи переробки. Однією з ключових культур у структурі посівних площ багатьох господарств є соняшник — високорентабельна олійна культура, яка відіграє важливу роль у національній економіці.

Однак, попри значні досягнення в агротехнологіях вирощування соняшника, питання післязбиральної обробки насіння, зокрема його очищення, потребує подальшого удосконалення. Від якості первинної та попередньої очистки залежить збереження посівних і товарних властивостей насіння, мінімізація втрат та зниження витрат на подальше зберігання і транспортування.

*Актуальність теми* роботи обумовлена необхідністю оптимізації параметрів зерноочисних машин, що застосовуються у господарствах, з урахуванням специфіки культури, умов виробництва та вимог до якості продукції. Зокрема, у господарстві ПП «Довжик» встановлено потребу в підвищенні ефективності роботи зерноочисної машини скальператорного типу, що зумовлює необхідність її модернізації та обґрунтування оптимальних режимів роботи.

*Мета кваліфікаційної роботи* полягає в удосконаленні технології післязбиральної обробки насіння соняшника шляхом обґрунтування та впровадження ефективних конструктивних і режимних параметрів зерноочисної машини.

*Об'єктом дослідження* є технологічний процес післязбирального очищення насіння соняшника, а предметом – конструкція та параметри роботи зерноочисної машини скальператорного типу.

Робота базується на даних виробничої діяльності ПП «Довжик» Охтирського району Сумської області, а також на використанні сучасних методів інженерного аналізу, проектування та економічного оцінювання технічних рішень.

# **1 АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПП «ДОВЖИК» ОХТИРСЬКОГО РАЙОНУ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

## **1.1 Розташування та природно-кліматичні умови господарства**

Приватне підприємство «Довжик» було засновано у 2004 році. Воно розташоване в Охтирському районі Сумської області. Цей регіон належить до Лісостепової зони України, що характеризується помірно-континентальним кліматом із середньорічною температурою повітря близько  $+7,5^{\circ}\text{C}$ . Зими помірно холодні, із середньою температурою  $-6...-8^{\circ}\text{C}$ , а літо тепле, середня температура липня становить  $+18...+22^{\circ}\text{C}$  [2]

Середньорічна кількість опадів у регіоні становить приблизно 550–600 мм, що є достатнім для вирощування основних зернових та олійних культур, проте можливі періоди літньої посухи, які можуть впливати на врожайність. Ґрунтовий покрив представлений переважно чорноземами, які мають високу природну родючість, що сприяє ефективному вирощуванню сільськогосподарських культур. Важливим фактором є рівень зволоження ґрунтів та необхідність застосування сучасних агротехнологій для збереження їхньої родючості.

Охтирський район має розвинену транспортну інфраструктуру, що дозволяє забезпечувати ефективну логістику постачання насіння, добрив, пального та реалізації вирощеної продукції.

## **1.2 Землекористування, структура посівних площ та склад машино-тракторного парку**

Загальна площа земельного банку ПП «Довжик» становить 2 294 га. Основним напрямом діяльності підприємства є вирощування зернових та олійних культур [2].

Структура земельних угідь включає:

- Рілля – 1 900 га
- Пасовища – 280 га
- Сіножаті – 94 га



Рисунок 1.1 – Структура земельних угідь ПП «Довжик»

Основна частина земель використовується для вирощування сільськогосподарських культур, що забезпечує стабільний рівень врожайності та ефективне використання природних ресурсів. Основним напрямом діяльності підприємства є вирощування зернових та олійних культур. У структурі посівних площ підприємства переважають такі культури:

Пшениця – 43%

Кукурудза – 15%

Соняшник – 29%

Соя – 3%

Кукурудза на зелений корм – 3%

Однорічні та багаторічні трави – 7%

Таке поєднання культур дозволяє ефективно використовувати земельні ресурси та підтримувати родючість ґрунтів завдяки чергуванню культур у сівозміні. Система сівозміни включає заходи з підтримки агроекологічного балансу, такі як застосування сидератів та органічних добрив.

Таке поєднання культур дозволяє ефективно використовувати земельні ресурси та підтримувати родючість ґрунтів завдяки чергуванню культур у сівозміні.



Рисунок 1.1 – Структура посівних площ ПП «Довжик»

Машино-тракторний парк підприємства включає сучасні трактори, комбайни, посівну та ґрунтообробну техніку, що забезпечує якісне виконання агротехнічних заходів. Наявність високопродуктивної техніки сприяє підвищенню ефективності вирощування культур та оптимізації витрат на виробничі процеси. Серед основних одиниць техніки підприємства можна виділити: Трактори John Deere, МТЗ, Зернозбиральні комбайни Claas Lexion, John Deere

Таке технічне оснащення дозволяє підприємству ефективно виконувати всі етапи вирощування культур – від підготовки ґрунту до збирання врожаю.

Таблиця 1.1 – Машино-тракторний парк ПП «Довжик»

Марка трактора	Ефективна потужність	Кількість. шт	Сумарна ефективна потужність, кВт
Т - 150 К	165	3	495
МТЗ - 80/82	75	3	225
МТЗ - 1025	77	2	154
Джон Дір 630	61	2	122
ДТ - 75 М	75	2	150
Всього	365	12	1146

Таблиця 1.2 - Наявність сільськогосподарської техніки та знарядь  
в господарстві ПП «Довжик»

Назва	Марка	Кількість
Зернозбиральні комбайни	CLAAS -118 Maxi	2
Плуги	ПЛН -5 35 (ПЛН-3-35)	3 (2)
Борони	БЗСС-1,0	36
	АГ-2,4	1
Луцильник	ЛГД-10	1
Культиватори	КРН-4.2	2
Розкидачі мінеральних добрив	МВУ-0,5	1
Підживлювачі - оприскувачі	ОМ-630	
	ОПШ-300	1
Сівалки	DD 1725 NT	1
	СЗ-5,4	1
	СЗТ-3,6	1
	СПП-4,2	1
Жатки	ПЗС-8	2
Косарки	КС-2,1	1
Причепи тракторні	2ПТС-4	2
	ПТС-6	1
Стрічковий конвейер		1
Зерноочисна машина	ЗАВ-20	1
Барабанний скальператор	А1 -Б30	1
Зернометах	ЗМ-60 А	1

### 1.3. Аналіз врожайності та валового збору господарства

З 2022 року територія господарства постраждала від військової агресії, що суттєво вплинуло на аграрне виробництво. Основні негативні фактори:

- Зменшення оброблюваних площ через пошкодження земель, мінування полів та неможливість проведення повного комплексу агротехнічних заходів.
- Погіршення якості ґрунту через механічні пошкодження (вибухи, рух важкої техніки), що могло спричинити зниження врожайності.
- Перебої в постачанні матеріалів та техніки, що вплинуло на якість посівів, догляд за культурами та збір урожаю.

- Логістичні труднощі, що могли обмежити доступ до ринків збуту та вплинути на планування виробництва.

Через військові дії спостерігається коливання врожайності основних культур. Ми проаналізували врожайність основних культур за 2022-2024 роки.

Пшениця: у 2022 році врожайність становила 4,1 т/га, у 2023 році знизилася до 4,0 т/га, а у 2024 році впала до 3,49 т/га. Зниження пов'язане з пошкодженням земель, нестачею добрив та обмеженням агротехнічних заходів.

Соняшник: у 2022 році врожайність складала 4,2 т/га, у 2023 році скоротилася до 3,2 т/га, а у 2024 році відновилася до 3,8 т/га. Це може бути наслідком покращення агротехнологій та адаптації господарства до нових умов.

Соя: врожайність впала з 2,2 т/га у 2022 році до 2,1 т/га у 2023 році, а у 2024 році – до 1,8 т/га. Це свідчить про виснаження ґрунтів та труднощі з доглядом за культурою.

Кукурудза на зерно: у 2022 році врожайність становила 6,4 т/га, у 2023 році впала до 4,6 т/га, а у 2024 році дещо відновилася до 5,22 т/га. Коливання пояснюється відновленням площ та технологічних процесів після активних бойових дій.

Кукурудза на силос та зелений корм: врожайність зменшилася з 3,4 т/га у 2022 році до 3,15 т/га у 2023 році, а у 2024 році зросла до 3,21 т/га. Це свідчить про поступове повернення площ під цю культуру.

Однорічні та багаторічні трави на зелений корм: показники залишаються нестабільними: 2,1 т/га у 2022 році, 2,55 т/га у 2023 році, а у 2024 році — 2,12 т/га.

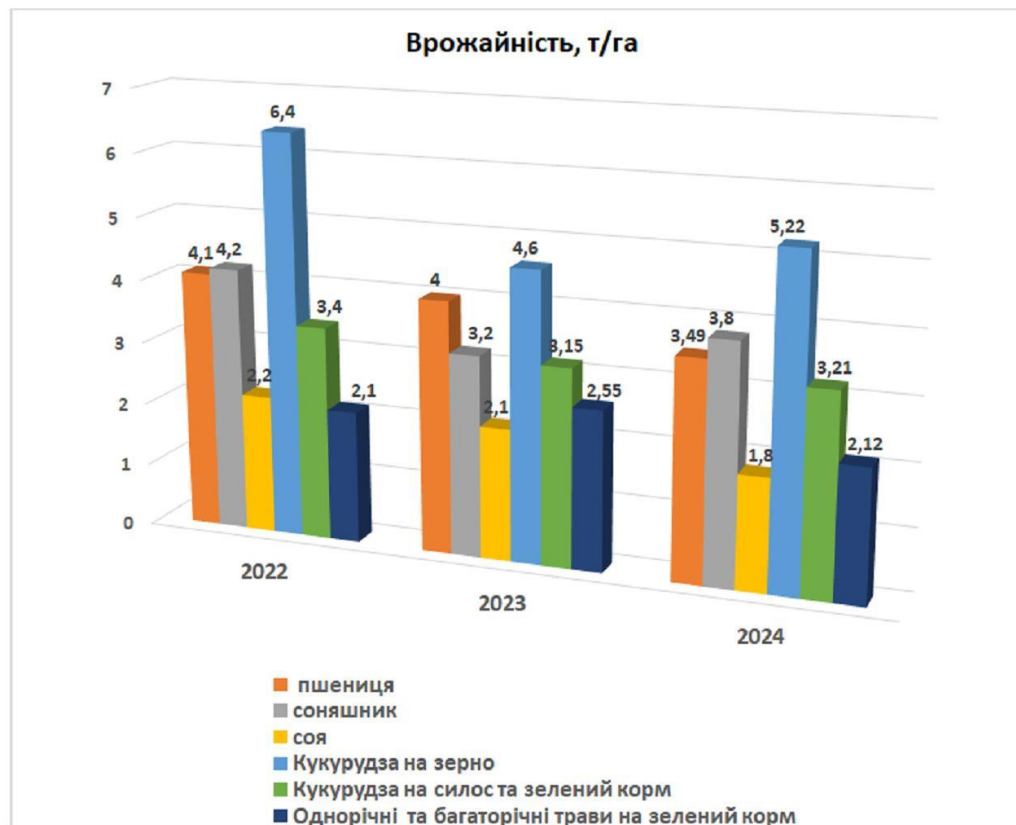


Рисунок 1.3 - Врожайність основних культур за 2022-2024 роки  
ПП «Довжик»

Зменшення посівних площ і врожайності безпосередньо вплинуло на валовий збір.

- Пшениця: валовий збір зменшився з 3595 т у 2022 році до 3483 т у 2023 році, а у 2024 році становив 3001 т. Це свідчить про скорочення площ посівів через воєнні дії.
- Соняшник: валовий збір у 2022 році становив 2895 т, у 2023 році впав до 2663 т, а у 2024 році відновився до 3001 т. Господарство адаптується, розширюючи площі під культуру.
- Соя: загальний обсяг зменшився з 1516 т у 2022 році до 1447 т у 2023 році, а у 2024 році — до 1240 т. Це може бути наслідком складнощів із доглядом та скорочення площ.
- Кукурудза на зерно: у 2022 році валовий збір становив 2196 т, у 2023 році зріс до 2890 т, а у 2024 році — 2436 т. Коливання може бути пов'язане з відновленням після бойових дій.

- Кукурудза на силос та зелений корм: спостерігається поступове зростання: 4992 т у 2022 році, 5245 т у 2023 році, 5383 т у 2024 році. Це свідчить про стабільний попит та підтримку виробництва.
- Однорічні та багаторічні трави на зелений корм: валовий збір зменшився з 703 т у 2022 році до 505 т у 2023 році, а у 2024 році становив 575 т.

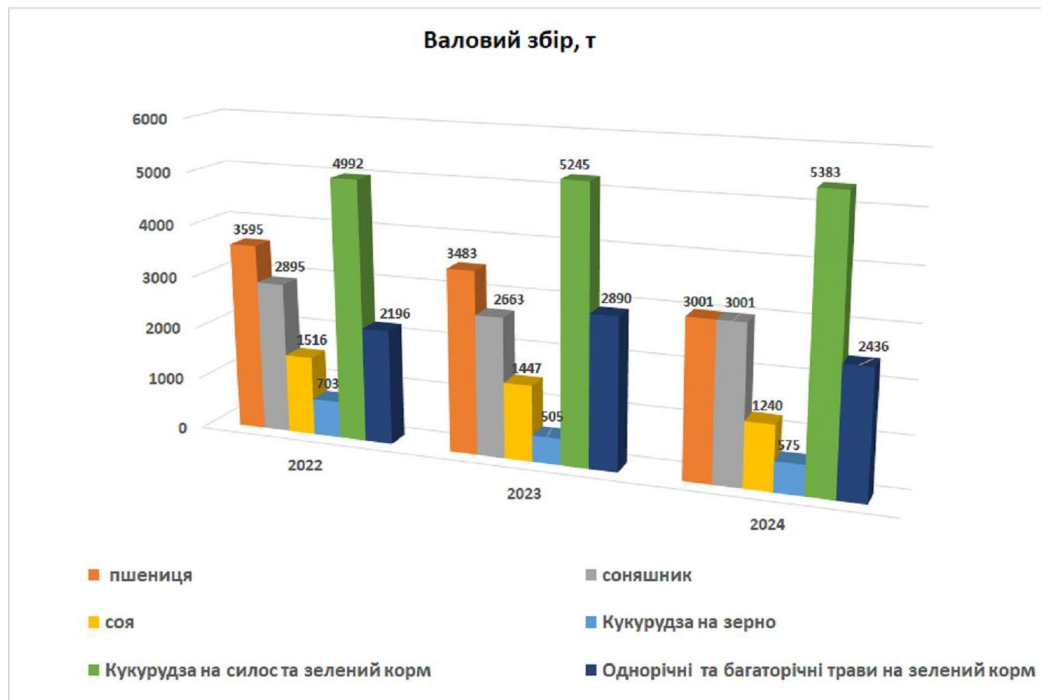


Рисунок 1.3 – Валовий збір основних культур за 2022-2024 роки

### ПП «Довжик»

#### Висновки аналізу господарства

1. Негативний вплив військових дій на сільське господарство очевидний:
  - Значне скорочення посівних площ через мінування, руйнування інфраструктури та нестачу ресурсів.
  - Зменшення врожайності більшості культур.
  - Проблеми з логістикою та доглядом за посівами.
2. Ознаки поступового відновлення:
  - Підвищення врожайності та валового збору окремих культур у 2024 році (соняшник, кукурудза на силос).
  - Адаптація господарства до складних умов через оптимізацію технологій та посівних площ.

3. Необхідні заходи для відновлення сільськогосподарського виробництва:
- Рекультивация земель після бойових дій (розмінування, покращення ґрунту).
  - Застосування сучасних агротехнологій, зокрема точного землеробства для оптимізації ресурсів.
  - Підтримка через державні та міжнародні програми для відновлення виробництва.
  - Логістична реорганізація для покращення постачання добрив, насіння та техніки.
- Загалом, попри складні умови, господарство демонструє поступове відновлення, що є позитивним сигналом для майбутнього агровиробництва.

#### **1.4 Задачі кваліфікаційної роботи**

Метою кваліфікаційної роботи є удосконалення технологій післязбиральної обробки насіння соняшника з обґрунтуванням параметрів зерноочисної машини для умов ПП «Довжик». Для досягнення цієї мети були визначені наступні задачі:

1. Провести аналіз господарської діяльності ПП «Довжик», зокрема особливостей вирощування та післязбиральної обробки насіння соняшника.
2. Дослідити існуючі технології післязбиральної обробки насіння та визначити їх ефективність в умовах господарства.
3. Розробити рекомендації щодо покращення параметрів зерноочисної машини для оптимізації процесу очищення насіння.
4. Виконати техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень та оцінити їх вплив на ефективність господарської діяльності.
5. Запропонувати практичні заходи щодо впровадження вдосконалених технологій у виробничий процес підприємства.

Виконання зазначених задач дозволить покращити якість післязбиральної обробки насіння соняшника, підвищити продуктивність зерноочисної техніки та мінімізувати втрати врожаю.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Високі врожаї соняшнику належної якості можна отримати, забезпечивши оптимальні умови для його росту і розвитку протягом всього вегетаційного періоду, а також застосовуючи сучасні екологічно безпечні та ресурсозберігаючі технології вирощування. Це можливо досягти через систематичне виконання необхідних механізованих операцій у встановлені терміни [12].

Скорочення врожайності та погіршення якості насіння можуть бути наслідком повторного розміщення посівів на одних і тих самих ділянках, що сприяє розвитку хвороб і шкідників. Для використання екологічних, безпечних технологій вирощування соняшнику рекомендується застосування п'ятипільної і більш складну систему землеробства, що допоможе уникнути проблем з шкідниками та хворобами [12].

Згідно з багаторічними спостереженнями, кращими попередниками для соняшнику є ті культури, які сприяють збереженню вологи та поживних речовин у ґрунті. Для умов Лісостепу кукурудза є найбільшим ефективним попередником для вирощування соняшнику, а також - зернобобові і озимі зернові, в той час як найбільш невідповідними є ярий ячмінь, цукровий буряк, овес.

### 2.1 Технологія вирощування соняшнику

*Луцання* стерні є важливою операцією для підготовки ґрунту до вирощування соняшнику. Основними агротехнічними вимогами до цієї операції є [9]:

- Подрібнення рослинних залишків попередньої культури.
- Створення оптимальних умов для подальшого обробітку ґрунту.
- Запобігання розвитку бур'янів.
- Поліпшення водного та повітряного режиму ґрунту.

• Луцання проводиться в два сліди агрегатом у складі трактора ДТ-75М та луцильника ЛДГ-10. Операцію виконують при глибині обробітку 6 сантиметрів, з кутом атаки дисків 36 градусів, зі швидкістю агрегату 10..12 км/год.

Для формування 1 ц врожаю соняшник потребує поживні елементи, що бере з ґрунту, це азот (6,5 кг), фосфор (2,7), калій (15,5 кг).

В умовах лісостепової зони, найбільшу ефективність мають *внесені фосфорні та азотні добрива*, але залежить від того, яка культура була попередником. Мінеральні добрива при основному обробітку вносяться при агрегуванні трактора та розкидача мінерального добрива. В аграрних господарствах середніх розмірів застосовують зазвичай енергетичний засіб та розкидач добрив: МТЗ-80 (82, 90) + МВУ-0,5, а міндобрива до ділянки (поля) транспортують вантажівками або тракторними причепами. Механічним навантажувачем проводять вивантаження добрив, а іноді розвантажують і вручну, коли добрива розміщені в тарі.

Головною метою *основного обробітку* є створення розпушення ґрунту глибиною 25..60 сантиметрів, що забезпечить необхідною вологою та поживними речовинами. Задачею обробітку (полицевий обробіток та розпушення глибоке плоскорізом) є також знищення бур'янів. Його виконують у терміни від 15 до 20 діб після виконання операції луцення (стерні), а глибока оранка (> 35 сантиметрів), зменшить заростання однорічним та багаторічним бур'яном [9].

До агротехнічних вимог можна віднести: на глибині 25...27 сантиметрів відхилення від заданої глибини обробки  $\leq 1...2$  сантиметри, при іншій глибині обробки  $\leq 3$  сантиметри; зоране поле не повинно мати глибокі борозни, високі гребні (> 3...5см), розрив поміж суміжних проходів знаряддя для оранки; повністю зорані всі внесені міндобрива, рештки (поживні), бур'яни; не допускати огривів та незораних клинів на полі [9].

Отже, для виконання операції основного обробітку ґрунту при глибині 28 сантиметрів та швидкості руху агрегату 10 км/год обираємо: агрегат Т-150К разом з ПЛН-5-35.

Наступна операція це *боронування* (весняне), головною метою якої є уповільнене випаровування з ґрунту вологи навесні, а також винищення бур'яну і після, проведення операції основний обробіток, вирівнювання поля (його

поверхні). Операція боронування проводиться при вологості ґрунту, не здатного налипати на робочі органи та до засобів (енергетичних) агрегування та у відношення до основного обробітку - впоперек [9].

Агротехнічними вимогами до виконання цієї операції є: рівномірне розпушення поверхні поля боронами глибиною від 5 до 8 см, руйнування можливих глиб, які залишилися після проведеного основного обробітку; розміри комка, при нормальній вологості (ґрунту), після боронування  $\leq 5$  см, а висота гребнів  $\leq 3$  см [9].

Склад агрегату для операції боронування беремо такий: трактор Т-150К разом з зчіпкою СГ-21 та 7 штук борон БЗСС-1 [9].

Головною метою операції *передпосівна культивування* є знищення всіх бур'янів, що встигли прорости, розпушення шару (верхнього) ґрунту. Це поліпшить проведення операції по якісному посіву.

Агротехнічними умовами мають бути: ґрунт оброблений (рівномірно) з мілкокомкуватим розпушенням поверхні, оброблений не менше глибини посіву; задана глибина не повинна бути  $> 1$  см від середньої; борозни та гребені - не  $> 4$  см.

Отже, вибираємо для проведення операції культивування (передпосівної) такий склад агрегату зі швидкістю руху від 5 до 11 км/год: трактор ДТ-75М разом з зчіпкою СП-11 та два культиватора КПС-4,2 [9].

Далі розглянемо операцію *по навантаженню, транспортуванню насіння та добрив (мінеральних) та завантаження їх у сівалки* [12].

При виконанні операцій по навантаженню використовуємо транспортер (стрічковий конвеєр) для завантаження міндобрив та насіння, що знаходиться в мішках, у вантажний автомобіль (причеп або кузов).

При транспортуванні як насіння, так і добрив, використовуємо як автомобіль, так і трактор (його причеп). При завантаженні матеріалу до бункера сівалок дотримуються правил охорони праці, виробничої санітарії та проводять вручну.

Наступна операція *сівба*, для якої насіння соняшнику має крупність, вирівняність та схожість -  $\geq 90 \dots 95$  %, а чистота  $\geq 98$ %, відповідно ДСТУ 6068:2008 [12].

Сівба проводиться сівалками точного висіву (необхідною відстанню у рядку), ширина міжрядь – 70 сантиметрів, пунктирний спосіб виконання.

Агротехнічними вимогами мають бути: норма висіву матеріалу (соняшнику) не  $\geq 4$  проценти від запланованого; норма внесення міңдобрив (гранульованих) не  $> \pm 10$  процентів від запланованого; глибина загортання насіння соняшнику не  $> \pm 10$  сантиметрів від середньої; не допускати на поверхні (поля) не заробленого насіння; стикові міжряддя (їх ширина) за один прохід сівалок (суміжних) не  $> \pm 2$  сантиметрів; не допускати ні огріхів, ні пересівів [12].

Рекомендується виконання операції посіву насіння соняшнику при одночасному внесенні добрив (гранульованих) таким агрегатним складом зі швидкістю посіву від 5 до 9 км/год: трактор МТЗ-80 та просапна сівалка УПС- 8 [12].

При проведенні операції *досходового та післясходового боронування* посівів знищуються буряни та створюються сприятливі вологосні та повітряні умови верхнього шару ґрунту. Дана операція виконується за 5-6 діб боронами (середніми) після проведення операції посіву. В цей період проростки насіння (соняшнику) знаходяться ще глибоко, тобто не зможуть пошкодитись робочим органом, але бурян ще перебуває у фазі, що називається «біла ниточка».

Операцію післясходового боронування рекомендують проводити на стадії двох або трьох пар листків (справжніх) соняшнику, коли зменшується відносна вологість повітря, тому що рослини, що проросли, не такі ламкі [12].

Вибираємо агрегатний склад такий: трактор Т-150К з зчіпкою СГ-21 та сім борін БЗСС-1.

Для органічного вирощування соняшнику передбачена відмова від використання гербіциду, тому доглядають за посівами проведенням *міжрядного обробітку*. Кількість такого обробітку зумовлено такими факторами: забур'яненість поля, агрегатний стан ґрунту, кліматичні умови.

Перша міжрядна культивуація проводиться глибиною від 10 до 12 сантиметрів, щоб запобігти поверхневих тріщин ґрунту та сприяти зберегти вологу та накопичити її у ґрунті. Далі при обробці культиватором, зменшують глибину обробітку від 8 до 10 сантиметрів. Це пов'язано з тим, що розвивається вже коренева система, а бур'яни треба знищувати та створювати необхідний повітряно-вологісний режим ґрунту [12].

Рекомендовано для наших умов лісостепу виконання трьох міжрядних обробіток агрегатним складом таким: трактор клас 1,4 кН (н-д МТЗ-80, 82) з культиватором КРН-4,2 (для міжрядного обробітку), оснащений рядом робочих органів, відповідно до виконання завдань [12].

Операція по *скошуванню та обмолоті корзинок* розпочинають збиранням соняшнику, коли настає фаза стиглості (господарської), тобто кількість жовтих та жовто-бурих кошиків має становити від 12 до 16 процентів, а бурих і сухих – від 85 до 88 процентів. Щоб зменшити витрати насіння соняшнику і якісно вимолотити його, вологість (середня) не повинна бути >12...14 процентів. Технологічна особливість організації по збиранню врожаю є те, що перед початком збиральних робіт за дві-три доби обкошуються поля розбитими загінками. Ще проводяться логістичні операції по транспортним та розвантажувальним магістралям.

Операції по *збиранню соняшнику* виконуються за допомогою комбайну CLAAS-118 Махі і жатки ПЗС-8. Для якісного збирання врожаю проводять наступні регулювання: жатку встановлюють так, щоби передні кінці (русел) були нижче корзинок, які полягли, на десять-п'ятнадцять сантиметрів, а молотильний барабан мав частоту обертання 450-550 оборотів за хвилину [6].

Зібраний врожай від комбайну до току *транспортують* вантажними автомобілями, при цьому обов'язково дотримуючись правила ОП та ПБ та правила по виконанню вантажних перевезень (при жнивях) та рухатись завантаженим - до 30 км/год, пустим - до 40 км/год.

Наступна операція це післязбиральна, коли задля підвищення товарної якості насіння та його зберігання, проводиться технологічна операція щодо

правильного очищення насіння, яке повинно відповідати вимогам ДСТУ 6068:2008, ДСТУ 7011:2009 [10].

Щоб зрозуміти яку обробку проводити та як далі використовувати, треба знати терміни його зберігання. Це може бути попередня, первинна та основна (вторинна) очистка вороха.

Насіння соняшника, призначене для продовольства, очищається від різних домішок, його вологість – не > 6 або 7 відсотків, а вміст різних домішок не перебільшує одного відсотку. Сортове насіння (для посіву) - сортується за розміром, масою (об'ємною).

Первинна очистка проводиться для того, щоб зменшити кількість іще на 60 відсотків. При такій обробці видаляються найбільше крупні, дрібні, легкі домішки.

Вторинна очистка доводить насіння до 99.5 відсотків чистоти. При такій очистці видаляється важкороздільна фракція: за розміром, за станом (поверхні), за кольором, за властивостями (аеродинамічними).

Завдяки проведеному аналізу особливостей (технологічних) по вирощуванню насіння соняшнику в умовах лісостепу, а також обробки його після збирання врожаю, розробимо технологічну карту, згідно рекомендацій. На рис. 2.1 показані результати, які отримали [12].

## **2.2 Розробка операційно-технологічної карти первинної очистки насіння соняшника**

Попередня та первинна очистка насіння соняшнику є необхідним етапом для підготовки якісного посівного матеріалу. У господарствах малого та середнього розміру популярності набули зерноочисні машини з циліндричними решетами (скальператори) [6].

Основні характеристики обладнання:

- Продуктивність – до 40 т/год.
- Можливість розділення зернового матеріалу на декілька фракцій за один прохід.

Аналіз конструкцій барабанних скальператорів, доступних на ринку України, дозволив виявити можливості підвищити ефективність їх використання. Оптимізація параметрів і режимів роботи спрямована на:

- Якісне виділення з бороху великих і дрібних домішок.
- Ефективне сортування насіння основної культури на фракції.
- Підвищення питомого навантаження на очищувальні системи.

Обґрунтування параметрів зерноочисних машин сприятиме покращенню ефективності їх роботи та підвищенню якості насіння соняшнику. На рис. 2.1 зображена операційно-технологічна карта вирощування соняшнику

Назва технологічних операцій	Обсяг робіт	Склад агрегату		Обслуговуючий персонал						Змінна норма виробітку	Витрати праці, люд. год.
		трактор, комбайн	с.-г. машина, знаряддя	трактористи			робітники ручної праці				
				кількість	розряд	тарифна ставка	кількість	розряд	тарифна ставка		
Луцнення стерні (двократне)	160 га	ДТ-75	ЛДГ-10	1	V	3,50	-	-	-	33 га	33,9
Навантаження мінеральних добрив	24 т	стрічковий конвеєр		-	-	-	2	III	2,12	13 т	25,8
Транспортування мінеральних добрив у поле	24 т	автомобілі		-	-	-	-	-	-	-	-
Внесення мінеральних добрив	80 га	МТЗ-80	МВУ-0,5	1	V	3,50	-	-	-	27	20,7
Оранка	80 га	ДТ-75	ПЛН-5-35	1	V	12,45	-	-	-	7,8	71,8
Боронування	80 га	Т-150К	СГ-2+БЗСС-10	1	IV	1,77	-	-	-	80	7
Культивація	80 га	ДТ-75	СП-11+КПС-4,2	1	IV	3,00	-	-	-	46	12,2
Навантаження насіння	0,8 т	стрічковий конвеєр		-	-	-	2	III	2,12	14	0,8
Транспортування насіння у поле	0,8 т	автомобілі		-	-	-	-	-	-	-	-
Навантаження мінеральних добрив	4 т	стрічковий конвеєр		-	-	-	1	III	2,12	7	4
Транспортування мінеральних добрив у поле	4 т	автомобілі		-	-	-	-	-	-	-	-
Завантаження насіння у сівалку	0,8 т	вручну		-	-	-	1	III	2,12	4,9	1,1
Завантаження мінеральних добрив у сівалку	4 т	вручну		-	-	-	1	III	2,12	4,9	5,7
Сідба з внесенням добрив	80 га	МТЗ-80	УПС-8	1	V	5,22	-	-	-	20	40
Досхолове боронування	80 га	Т-150К	СГ-2+БЗСС-10	1	IV	1,77	-	-	-	69	8,1
Боронування сходи	80 га	МТЗ-80	СП-11+БЗСС-10	1	IV	3,00	-	-	-	60	9,3
I міжрядний обробіток	80 га	МТЗ-80	КРН-4,2	1	V	5,50	-	-	-	18	31,1
II міжрядний обробіток	80 га	МТЗ-80	КРН-4,2	1	V	5,50	-	-	-	18	31,1
III міжрядний обробіток	80 га	МТЗ-80	КРН-4,2	1	V	5,50	-	-	-	18	31,1
Обкошування і прокошування	5 га	СЛАС-118 Мхі	ПЗС-8	1	VI	5,19	-	-	-	9	3,8
Скошування і обмолот корзинок	75 га	СЛАС-118 Мхі	ПЗС-8	1	VI	5,19	-	-	-	12,4	60,5
Підбір неомолочених корзинок	80 га	вручну		-	-	-	3	II	2,00	6,6	254,5
Транспортування насіння	120 т	автомобілі		-	-	-	-	-	-	-	-
Транспортування корзинок	120 т	автомобілі		-	-	-	-	-	-	-	-
Очистка бороху на току	120 т	-	ЗАВ-20	-	-	-	2	III	2,12	20	120
Первинна очистка насіння	120 т	-	А1-Б30	-	-	-	1	III	2,12	400	7,2
Навантаження насіння	120 т	ЗМ-60А		-	-	-	1	II	2,00	150	1,75
Транспортування насіння в склад	120 т	автомобілі		-	-	-	-	-	-	-	-
Розвантаження насіння в складі	120 т	самоскид		-	-	-	1	II	2,00	120	1,55

Рисунок 2.1 – Технологічна карта вирощування соняшнику

### *Технологічні вимоги до зерноочисної машини скальператорного типу*

Зерноочисна машина повинна забезпечувати ефективне видалення домішок (крупних і дрібних), відповідно агротехнічним вимогам. Під час попередньої обробки ступінь очищення має становити не  $< 50\%$ , а при обробці первинній – не  $< 60\%$  від початкової кількості домішок у зерновій масі. При цій продуктивності машини необхідна відповідність паспортним показникам за умовами відповідної засміченості та вологості вихідного насіння. Допускаються втрати у відходах насіння – не  $>0,2\%$ . Не допускаються втрати насіння через пошкодження механізмами та робочими органами, а кількість побитого матеріалу - не  $>1\%$  [4,6].

При розробці та обґрунтуванні параметрів машини необхідно виконати експлуатаційні вимоги, зокрема міцність і довговічність конструкції. Важливі значення мають ергономічні показники, такі як зручність обслуговування, легкість регулювання робочих органів, також керування такою машиною. Ще слід дотримуватися вимог ОП, забезпечуючи безпечну експлуатацію, технічне обслуговування та ремонт. На цих вимогах і рекомендаціях визначаються технологічні розрахунки проектної машини.

#### *Розрахунок необхідних працівників для обслуговування сепаратора [6]*

Визначимо потрібну продуктивність системи сепарації (першої), враховуючи її добову завантаженість.

$$Q_c = \kappa \cdot P_3, \quad (2.1)$$

де  $P_3$  – добова завантаженість обладнання зернообробної ланки (відповідно до нормативних даних  $P_3 = 24000$  кг/добу;

$\kappa$  – коефіцієнт запасу, (1,15...1,2).

Тоді добова завантаженість 1 лінії сепарації

$$Q_c = 1,2 \cdot 24000 = 28800 \text{ кг/добу.}$$

Тепер розрахуємо необхідну кількість машин (зерноочисних)

(2.2)

$$n = \frac{Q_c}{T_{зм} \cdot q_c \cdot \tau_{зм}}$$

де  $q_c$  – продуктивність сепаратора, кг/год;

$T_{зм}$  – нормативна тривалість зміни, год.

$\tau_{зм}$  – коефіцієнт використання часу зміни, що враховує налагодження, технічне обслуговування та ін.

Отже.

$$n = \frac{28800}{8 \cdot 40000 \cdot 0,8} = 0,11.$$

Прийmemo 1 машину.

Знайдемо, за який час одна порція насіння пройде один цикл обробітку

$$t_{ц} = \frac{P_M}{q_c \cdot \tau_{зм}}, \quad (2.3)$$

де  $P_M$  – маса однієї порції матеріалу, яка дорівнює масі матеріалу, що знаходиться у оперативному бункері:

$$P_M = \frac{P \cdot \tau}{8}, \quad (2.4)$$

де  $\tau$  – тривалість знаходження матеріалу у бункері (згідно нормативним даним 0,6 год.);

тоді маса однієї порції складає:

$$P_M = \frac{28800 \cdot 0,6}{8} = 2160 \text{ кг/год.}$$

Отже час циклу обробітку однієї порції матеріалу:

$$t_{ц} = \frac{2160}{40000 \cdot 0,8} = 0,07 \text{ год.}$$

Знаходимо час, що потрібен на обслуговування машини

$$t_{обс} = t_{нал.} + t_{зав} + t_{д.} + t_{ч.н.}, \quad (2.5)$$

де  $t_{нал}$  – час, який витрачається на налагодження машини, год.;

$t_{зав}$  – час, який витрачається на завантаження машини, год.;

$t_{д}$  – час, який витрачається на вивантаження домішок, год.;

$t_{ч.н.}$  – час, який витрачається на вивантаження очищеного насіння, год.

Відповідно нормативам, наданим господарством, час, витрачений на обслуговування становитиме

$$t_{обс} = 0,04 + 0,04 + 0,01 + 0,03 = 0,12 \text{ год.}$$

Необхідна кількість обслуговуючих працівників

$$K_{пр} = \frac{t_{обс}}{t_{ц}} = \frac{0,12}{0,07} = 1,7, \quad (2.6)$$

Прийmemo два працівника.

На операцію очищення витрати праці становлять

$$T_{н} = \frac{Q_{з}}{H_{в} \cdot \tau_{зм}} \cdot t_{зм} \cdot K_{пр} \quad (2.7)$$

де  $Q_{з}$  – обсяг робіт, т;

$H_{в}$  – норма виробітку за зміну, т/зм;

$t_{зм}$  – тривалість зміни, год.;

$$T_{н} = \frac{120}{320 \cdot 0,8} \cdot 8 \cdot 2 = 7,5 \text{ люд} \cdot \text{год.}$$

Визначаємо витрати електроенергії [ 28]

Знайдемо витрату електроенергії, що витрачається на весь обсяг виконаних робі на первинну очистку вороху

$$B_{заг} = B_{т} \cdot W_{р}, \quad (2.8)$$

де  $B_{т}$  – витрати електроенергії на очищення 1 т вороху, кВт:

$$B_m = \frac{N}{Q}, \quad (2.9)$$

$N$  – витрати електроенергії зерноочисною машиною за 1 год. експлуатаційного часу, кВт/год.;

$Q$  – продуктивність зерноочисної машини, т/год.;

$W_p$  – обсяг робіт, т.

Визначаємо витрати електроенергії на очищення 1 т вороху:

$$B_m = \frac{2,5}{40} = 0,0625 \text{ кВт/т}$$

Визначаємо витрати електроенергії на виконання всього обсягу робіт по первинній очистці вороху соняшника:

$$B_{заг} = 0,0625 \cdot 120 = 7,5 \text{ кВт.}$$

### 2.3 Підготовка зерноочисної машини та робочого місця до роботи

Скальператор (решітний) - це стаціонарна зерноочисна машина, що складається з циліндричних решіт, які обертаються за допомогою електродвигуна через механізм передачі. Основні конструктивні елементи включають завантажувальні та вивантажувальні пристрої, механізм очищення решіт, кожухи та раму [18].

Перед початком роботи необхідно виконати підготовку робочого місця, яка включає такі заходи:

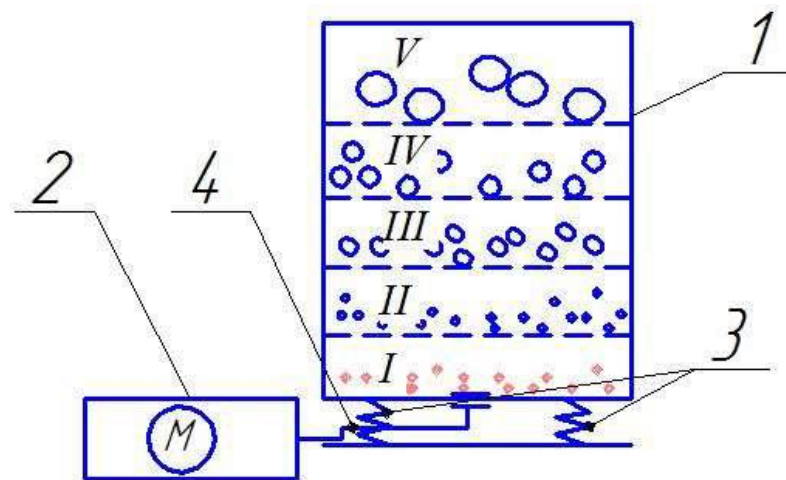
- перевірка наявності та справності обладнання й інструментів, придатних для роботи;
- усунення перешкод виконання техпроцесу;
- перевірка працездатності обладнання та наявності засобів пожежної безпеки;
- контроль технічного стану зерноочисної машини, зокрема:
  - перевірка заземлень частин скальператора, які проводять струм;
  - огляд електропроводки, при наявності пошкоджень - усунути;
  - перевірка механізму приводу (стану пасків та кріплення шківів);

о наявність та справність кожухів (захисних) та огорожувальних пристроїв.

Обов'язковим етапом є проведення пробного очищення вороху для перевірки якості роботи сепаратора та виконання деяких налаштувань у разі потреби.

## 2.4 Контроль якості виконання операції

Показником якості при виконанні техпроцесу по очищенню насіння має бути його чистота, а також чіткість проведення самої сепарації та травмування насінин в сепараторі. Решітний сепаратор (див. рис.2.2) використовують для перевірки чистоти насінневого матеріалу [11].



1 – набір решіт; 2 – електродвигун; 3 – вібратор; 4 – привод;

I, II, III, IV, V – фракції

Рисунок 2.2 – Схема решітного класифікатора

Коротко надамо методику для контролю чистоти насінневого матеріалу[11]:

1) відбираємо з очищеного насіння пробу відповідно до нор та зважуємо її;  
2) вибірку поділяємо на фракції за допомогою класифікатора (решітного), див. рис.2.2.

3) визначаємо вагу фракцій (розділених) і розраховуємо вміст у очищеному насіння всіх домішок.

Цей сепаратор також використовується для перевірки сепараційної чіткості. Домішок у чистому насінні не повинно бути  $> 0,2$  %. Візуально перевіряємо наявність травмованого насіння, яке не допускається. Всі показники виконання процесу очистки повинні бути в нормі.

#### Висновки

На основі досвіду передових господарств була розроблена технологічна карта вирощування соняшника в умовах лісостепу України. При цьому проведено спробу підвищити ефективність обробки насіння соняшнику шляхом модернізації зерноочисної машини (скальператорний тип).

Відповідно до запропонованих змін у технологічному процесі вирощування соняшника, була також розроблена операційно-технологічна карта первинного очищення соняшника, в якій обґрунтовано доцільність вдосконалення цього етапу ( див. Додаток Б Креслення)

## **3 УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗЕРНООЧИСНОЇ МАШИНИ ТА ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ**

### **3.1 Опис об'єкта розробки**

Як об'єкт модернізації обраний один із найпоширеніших зерноочисних машин скальператорного типу – А1-БЗО. Вона застосовується при попередній обробці вороху, що знижує навантаження на пристрої (приймально-розподільчі) наступних етапів очищення насіння. Залежно від налаштування, скальператор ефективно видаляє із насінневого матеріалу великі, грубі, сторонні та різні домішки. Ще передбачена можливість оснащення машини аспіраційною колонкою, яка дозволяє усувати домішки легкі. Скальператори традиційно встановлюють у приймальних відділеннях елеваторів та на хлібоприймальних пунктах [6,14].

Принцип дії зерноочисної машини скальператорного типу: послідовне очищення насіння. видалення грубих (сторонніх) домішок, стебел та соломи під час проходження матеріалу через барабанне сито. Насінневий матеріал спочатку рівномірно подається через патрубок (приймальний) у сепараційну зону барабана (решітного).

У процесі руху зернова суміш містить складну обертально-поступальну траєкторію вздовж внутрішньої поверхні решета, завдяки чому фракція (прохідна) проходить через отвори, далі проходить до вихідного патрубка, сформованого нижніми (похилими) стінками корпусу. Далі очищене насіння самопливом виходить із машини та надходить до наступного етапу технологічного процесу [14].

Ті домішки, що не пройшли через отвори, це крупні (домішки), надходять до частини (яка відкрита) циліндра решетного, далі шнеком потрапляє до відходів.

Корпус зерноочисної машини являє собою зварну конструкцію, і виготовляється з листової сталі. Він виконує роль закритої з усіх сторін робочої камери де розміщений решітний барабан, приймальники фракцій, механізм очищення решіт. З метою гасіння інерційних обертальних моментів

конструкцією машини передбачено кріплення машини до перекриття болтами, для чого до корпусу приварені три стійки з опорними пластинами. Установка підшипникових опор приводного валу і вузлів приводу здійснюється до П-подібного кронштейну на торцевій стінці корпусу. З іншого боку корпусу передбачений знімний люк для встановлення та обслуговування ситового барабана.

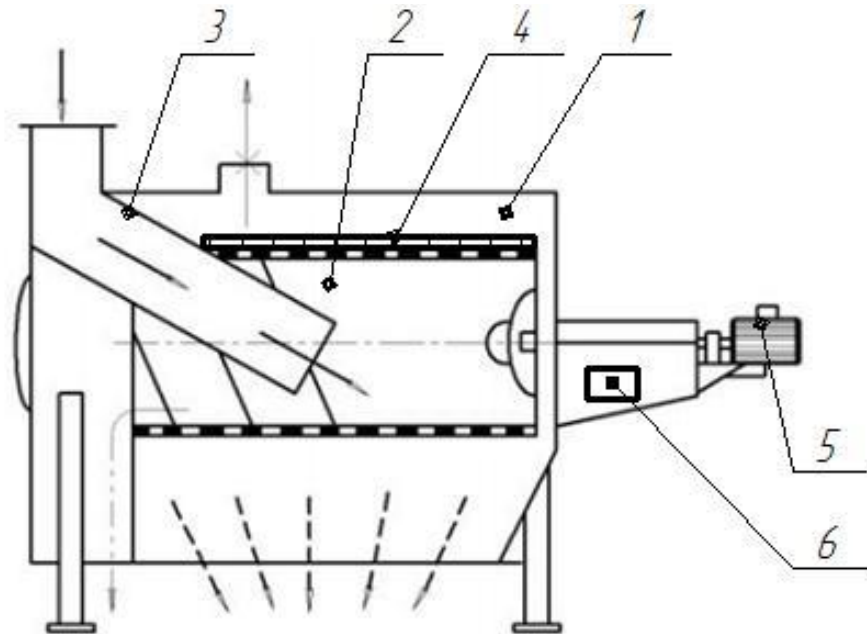


Рисунок 3.1 – Схема зерноочисної машини скальператорного типу А1-БЗО  
1- корпус машини, 2 - скальператор (барабан решітний), 3 - пристрій для приймання, 4 – очисник (щітка очисна), 5- мотор-редуктор, 6 – частотний перетворювач (блок).

Решітний барабан служить основним органом (робочим) машини. Він закріплений на валу (привода) консоллю та обертається за рахунок горизонтальної осі. Барабан – це решета циліндричні, що кріпляться кронштейнами та цапфами. Розміри отворів таких решіт залежать від сільськогосподарської культури та розмірів вороху [4].

У решітного барабану приварені лопаті (гвинтоподібні) до поверхні (внутрішньої) сходової частини для ворущіння насінневого матеріалу та інтенсифікації процесу очистки. Лопаті приварені на крок у пів оберта барабана.

Привід барабана працює від мотор-редуктора, який має перетворювач (частотний) та потенціометр. Це дає можливість безступінчасте регулювання

обертання решета (скальперного) від нуля до 130 обертів за хвилину. Табло перетворювача показує напругу живлення, що дає можливість контролювати процес [4].

Верхня частина барабана (зовнішня) має шітку-очищувач з прутками еластичного матеріалу. За допомогою такої шітки очищаються домішки та застряглі насінини в отворах решіт. Шітки розміщені на всю довжину барабану та регулюються підпружиненим тримачем, шарнірно закріпленим [4].

Приймальний пристрій машини, що представляє собою патрубок з похилим лотком форми корита, забезпечує завантаження на поверхню (внутрішню) решета вороху [4].

Мета даної роботи – удосконалення зерноочисної машини та обґрунтування параметрів роботи барабана решітного та режимів його роботи щоб забезпечити підвищення ефективності очистки насіння соняшника від домішок та функціонування машини на паспортній продуктивності.

Для виконання поставленої мети, було проаналізовано роботу зерноочисних (решітних) машин та виявлено напрямки удосконалення:

- розширення функціональних можливостей решета скальперного, зменшити енергоємність роботи решета таким конструктивним виконанням (див.рис.3.2), яке забезпечить одночасно виділяти як дрібні, так і крупні домішки з вороху та сортувати насіння по розміру, при чому не змінюючи габарити зерноочисної машини;

- конструкція представленої секції барабану (решітного) має забезпечити найефективніше виділення фракції (кожної).

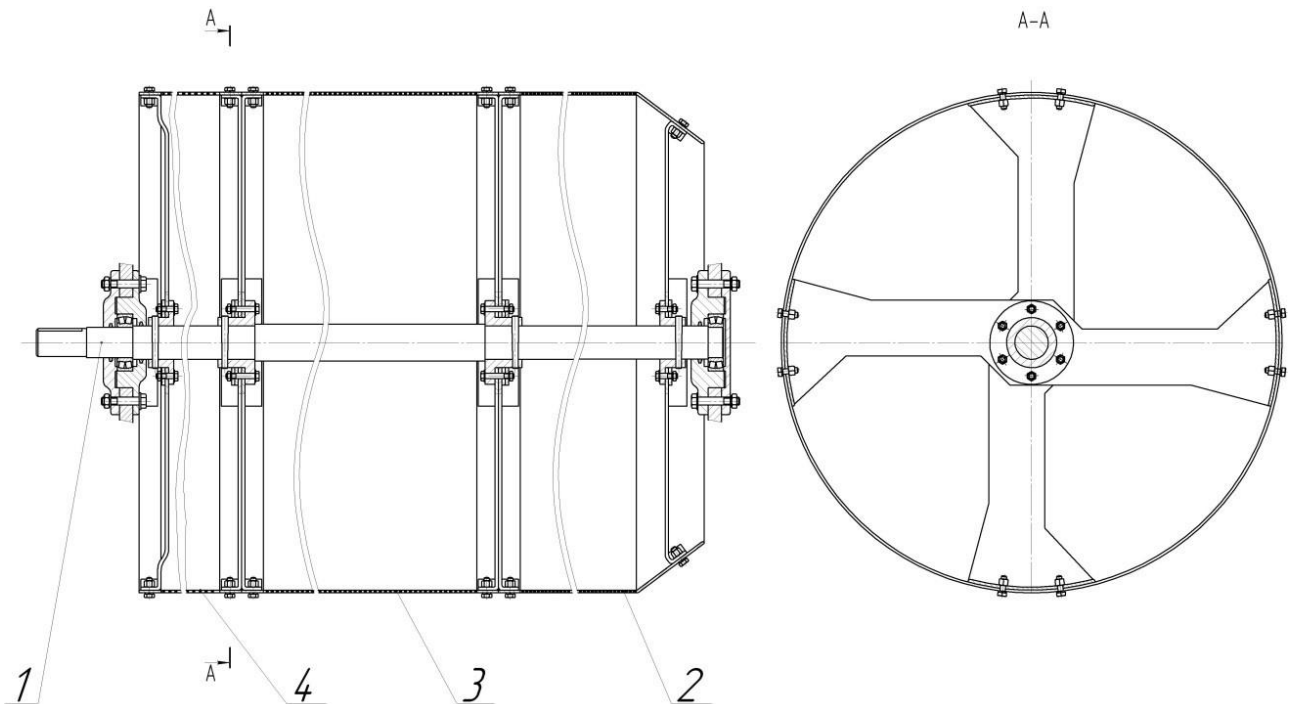


Рисунок 3.2 – Скальператорне решето нової конструкції

1 – вал; 2 – підсівна секція; 3 – сортова секція; 4 – колосова секція

### 3.2. Обґрунтування параметрів скальператорного решета

Розглянемо рух насінневого матеріалу як багат шаровий по внутрішній його поверхні, щоб визначити раціональні параметри решета. Припустимо, що кожний шар (елементарний) насіння переміщається тільки у своєму ряду з незмінною товщиною шару.

Для опису переміщення використаємо залежність М.Я. Резніченка [20]:

$$k = \frac{\omega^2 R}{g}, \quad (3.1)$$

де  $k$  – кінематичний показник режиму переміщення часток;

$\omega$  – кутова швидкість частки;

$R$  – радіус скальператорного барабана;

$g$  – прискорення вільного падіння.

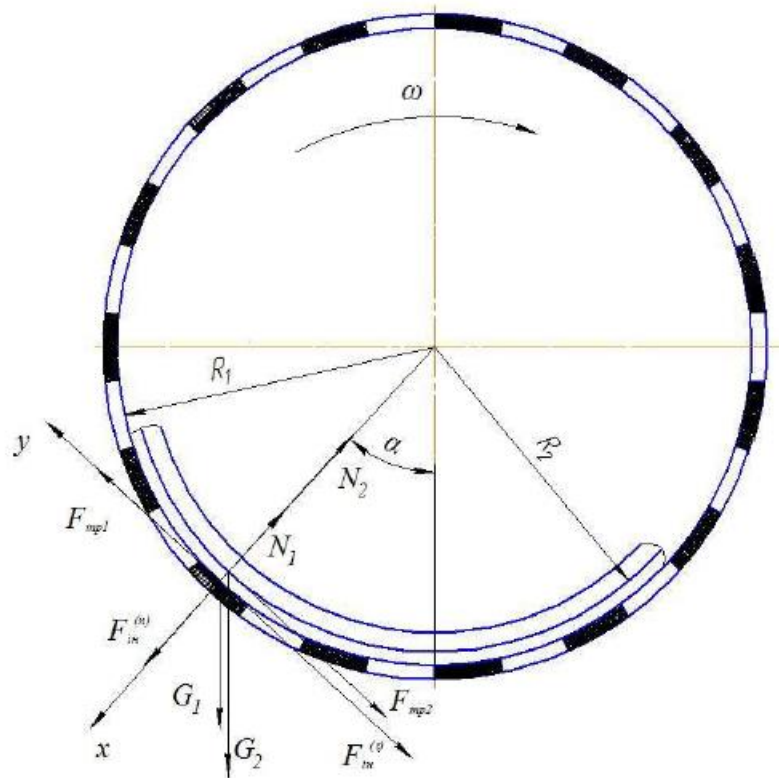


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема до визначення параметрів переміщення зернової суміші по внутрішній поверхні скальператорного барабана

Якщо маємо двошарове розміщення насінневого матеріалу, то частинки нижнього шару опишемо так [22]:

$$\begin{aligned} \sum x = 0; \quad N_1 &= N_2 + m_1 g \cos \alpha + m_1 \omega_1^2 R; \\ \sum y = 0; \quad F_1 &= F_2 + m_1 g \sin \alpha + m_1 R_1 \frac{d\omega_1}{dt}; \end{aligned} \quad (3.2)$$

де  $N_2 = m_2 g \cos \alpha + m_2 \omega_2^2 R_2$  – нормальна реакція частинок верхнього шару;

$F_2 = N_2 f_2 = m_2 f_2 (g \cos \alpha + \omega_2^2 R_2)$  – сила внутрішнього тертя між шарами зерноsumіш;

$m_2, \omega_2, R_2$  – параметри верхнього шару, який характеризується, відповідно, масою, кутовою швидкістю і радіусом переміщення.

Зводимо систему до виду

$$\begin{aligned}
& m_2 f_2 (g \cos \alpha + \omega_2^2 R_2) + m_1 g \sin \alpha + m_1 R_1 \frac{d\omega_1}{dt} = \\
& = m_2 f_1 (g \cos \alpha + \omega_2^2 R_2) + m_1 f_1 (g \cos \alpha + \omega_1^2 R_1),
\end{aligned} \tag{3.3}$$

Якщо в (3.3) розділити на  $m_1 g$  обидві частини, то отримаємо [22]

$$\frac{R_1}{g} \frac{d\omega_1}{dt} - \frac{\omega_1^2 R_1}{g} f_1 = \frac{m_2}{m_1} (f_1 - f_2) \cos \alpha + \frac{m_2}{m_1} (f_1 - f_2) \frac{\omega_2^2 R_2}{g} + f_1 \cos \alpha - \sin \alpha. \tag{3.4}$$

Перетворимо рівняння, враховуючи (3.1)

$$k' = \frac{dk}{d\alpha} = 2\omega \frac{d\omega R}{d\alpha g}, \tag{3.5}$$

Та

$$\omega = \frac{d\alpha}{dt}; d\alpha = \omega dt; \frac{d\omega}{dt} = \omega \frac{d\omega}{d\alpha}.$$

Підставляємо в (3.4) та проводимо перетворення

$$k_1' - 2f_1 k_1 = 2f_1 \cos \alpha - 2\sin \alpha + 2\frac{m_2}{m_1} (f_1 - f_2) \cos \alpha + 2\frac{m_2}{m_1} (f_1 - f_2) k_2, \tag{3.6}$$

де  $k_2$  – кінематичний показник переміщення частинок верхнього шару, який згідно рівняння М.Я. Резніченко

$$k_2 = \frac{6f_2}{1+4f_2^2} \sin \alpha + \frac{2(1-2f_2^2)}{1+4f_2^2} \cos \alpha + C_2 e^{2f_2 \alpha}, \tag{3.7}$$

де  $C_2$  – стала інтегрування, що характеризує початкові умови переміщення верхнього шару.

Щоб вирішити рівняння (диференціальне) (3.6), представимо лінійне диференціальне 2-го порядку [22]:

$$k_1 = uv, \tag{3.8}$$

Маємо

$$k_1' = uv' + u'v, \text{ та } \frac{dk_1}{d\alpha} = u \frac{dv}{d\alpha} + v \frac{du}{d\alpha}.$$

Тоді

$$u \frac{dv}{d\alpha} + v \frac{du}{d\alpha} - 2f_1uv = 2f_1 \cos \alpha - 2 \sin \alpha +$$

$$+ 2 \frac{m_2}{m_1} (f_1 - f_2) \cos \alpha + 2 \frac{m_2}{m_1} (f_1 - f_2) k_2, \quad (3.9)$$

Чи

$$u \frac{dv}{d\alpha} = 2f_1 \cos \alpha - 2 \sin \alpha + 2 \frac{m_2}{m_1} (f_1 - f_2) \cos \alpha +$$

$$+ 2 \frac{m_2}{m_1} (f_1 - f_2) k_2 - v \left( \frac{du}{d\alpha} - 2f_1u \right). \quad (3.10)$$

Якщо прийmemo

$$v \left( \frac{du}{d\alpha} - 2f_1u \right) = 0, \quad (3.11)$$

То запишемо рівняння так

$$\frac{du}{d\alpha} = 2f_1u; \quad \frac{du}{u} = 2f_1d\alpha; \quad u = e^{2f_1\alpha}. \quad (3.12)$$

Підставивши та провівши відповідні перетворення, маємо [22]:

$$k_1 = \frac{6f_1}{1+4f_1^2} \sin \alpha - \frac{2(1-2f_1^2)}{1+4f_1^2} \cos \alpha + C_1 e^{2f_1\alpha} +$$

$$+ 6 \frac{m_2}{m_1} \frac{(f_1 - f_2)}{(1+4f_1^2)(1+4f_2^2)} [(1-4f_1f_2) \sin \alpha - 2(f_1 - f_2) \cos \alpha] +$$

$$+ 2 \frac{m_2}{m_1} (f_1 - f_2) C_2 e^{2f_2\alpha}. \quad (3.13)$$

Рівняння, яке ми отримали, описує переміщення шару (нижнього) за умови, при якій частинки насінневого матеріалу рухаються меншою швидкістю, чим переносна швидкість барабану.

Аналіз рівняння (3.13) дозволяє зробити наступні висновки. При рівності коефіцієнтів тертя – зовнішнього по матеріалу решета ( $f_1$ ) та внутрішнього між шарами зерноsumіші ( $f_2$ ), переміщення верхнього шару відбувається у відповідності до залежності (3.1). Як наслідок, незалежно від кількості шарів – при незмінних і рівних один одному коефіцієнтах внутрішнього тертя між елементарними шарами рух частинок всіх елементарних шарів, за виключенням нижнього, характеризує рівняння (3.1). Зважаючи не це, та враховуючи введенні

обмеження, багат шарове переміщення зернового матеріалу відбувається аналогічно двошаровому, при цьому маса частинок другого (верхнього) шару буде сумарною масою всіх частинок вище розміщених шарів, яка розглядається відносно радіусу руху першого.

За умови формування шарів з однотипових частинок, масове співвідношення шарів  $m_2/m_1$  в рівнянні (3.13) можемо охарактеризувати цілим числом – одношаровий рух  $m_2/m_1$ , двошаровий – 1, тришаровий – 2 і т.д.

Згідно теорії сортування насінневого матеріалу на решетах, маємо висновок, що чим довший шлях матеріалу, тим розділ проходить якісніше. Якщо має місце переміщення по поверхні решета (циліндричного), момент відриву насінин (від поверхні), маємо умови [22]:

$$k_1 = - \left[ \frac{m_2}{m_1} k_2 + \left( \frac{m_2}{m_1} + 1 \right) \cos \alpha \right]; k_2 = - \cos \alpha. \quad (3.14)$$

Згідно законів класичної механіки – кутова швидкість частинок нижнього шару завжди більша за кутові швидкості верхніх шарів, тому в будь-які моменти руху по поверхні циліндричного решета (до моменту відриву) буде виконуватись умова  $k_1 > k_2$ , а значить відрив частинок верхнього шару від поверхні (3.14) буде відбуватися раніше, ніж частинок нижнього шару.

Отримані результати дають можливість для обґрунтування раціональних параметрів та режиму роботи решета скальператорного типу.

### Визначення режиму роботи скальператорного решета

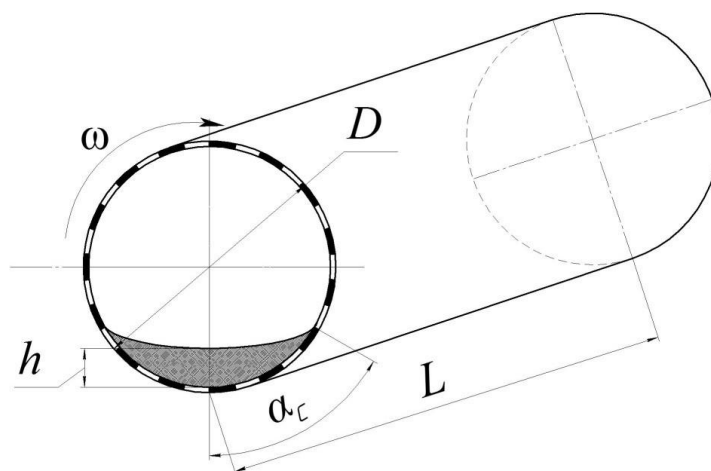


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема скальператора

Розраховуємо кінематичний параметр роботи барабана (решітного) [26]

$$\begin{aligned} \kappa = & \frac{6 \cdot f_1}{1 + 4 \cdot f_1^2} \cdot \sin \alpha + \frac{2 \cdot (1 - 2 \cdot f_1^2)}{1 + 4 \cdot f_1^2} \cdot \cos \alpha + \\ & + e^{2 \cdot f_1(\alpha - \pi)} \cdot \left\{ \frac{8 \cdot f_1^2 - 1}{1 + 4 \cdot f_1^2} - \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{2 \cdot (f_1 - f_2)}{1 + 4 \cdot f_2^2} \cdot \left[ \frac{6 \cdot (f_1 - f_2)}{1 + 4 \cdot f_1^2} + 8 \cdot f_2^2 - 1 \right] \right\} + \\ & + \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{6 \cdot (f_1 - f_2)}{(1 + 4 \cdot f_1^2) \cdot (1 + 4 \cdot f_2^2)} \cdot \left[ (1 - 4 \cdot f_1 \cdot f_2) \cdot \sin \alpha - 2 \cdot (f_1 - f_2) \cdot \cos \alpha \right] + \\ & + \frac{m_2}{m_1} \cdot \frac{2 \cdot (f_1 - f_2)}{1 + 4 \cdot f_2^2} \cdot (8 \cdot f_2^2 - 1) \cdot e^{2 \cdot f_2(\alpha - \pi)} \end{aligned} \quad (3.15)$$

де  $f_1$  і  $f_2$  – відповідно, коефіцієнти зовнішнього та внутрішнього тертя зерна, які залежать, в тому числі, і від вологості зернової суміші [20],

$$f_1 = 0,428, \quad f_2 = 0,78;$$

$\alpha = \alpha_c$  – кут, який визначає місце знімання зерна з решітної поверхні і залежить від кута природного укусу та кінематичного режиму руху,

$$\alpha = \frac{3}{2} \pi = 4,71 \text{ рад.};$$

$m_2/m_1$  – безрозмірне число, яке залежить від товщини  $h$  обробляемого шару і зерна в початковий момент, яке можна визначити по формулі:

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{2 \cdot h - (b + c)}{b + c},$$

де  $h = 40$  мм;  $b$  і  $c$  – відповідно ширина і товщина насінини, мм.

Підставимо, отримаємо

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{2 \cdot 40 - (3,2 + 2,5)}{3,2 + 2,5} = 13,$$

Та

$$\begin{aligned} \kappa = & \frac{6 \cdot 0,428_1}{1 + 4 \cdot 0,428^2} \cdot \sin(270) + \frac{2 \cdot (1 - 2 \cdot 0,428^2)}{1 + 4 \cdot 0,428^2} \cdot \cos(270) + \\ & + e^{2 \cdot 0,428(4,71 - \pi)} \cdot \left\{ \frac{8 \cdot 0,428^2 - 1}{1 + 4 \cdot 0,428^2} - 13 \cdot \frac{2 \cdot (0,428 - 0,78)}{1 + 4 \cdot 0,78^2} \cdot \left[ \frac{6 \cdot (0,428 - 0,78)}{1 + 4 \cdot 0,428^2} + 8 \cdot 0,78^2 - 1 \right] \right\} + \\ & + 13 \cdot \frac{6 \cdot (0,428 - 0,78)}{(1 + 4 \cdot 0,428^2) \cdot (1 + 4 \cdot 0,78^2)} \cdot [(1 - 4 \cdot 0,428 \cdot 0,78) \cdot \sin(270) - 2 \cdot (0,428 - 0,78) \cdot \cos(270)] + \\ & + 13 \cdot \frac{2 \cdot (0,428 - 0,78)}{1 + 4 \cdot 0,78^2} \cdot (8 \cdot 0,78^2 - 1) \cdot e^{2 \cdot 0,428(4,71 - \pi)} = 7 \end{aligned}$$

### Визначення робочої довжини скальператора

Питоме завантаження по довжині решітного циліндра В q визначимо по формулі [28]:

$$q_B = \frac{Q}{l}, \quad (3.16)$$

де  $Q$  – задана продуктивність решета, кг/с;

$l$  – довжина елементарної ділянки решітного циліндра, на якому відбувається одиничний цикл обробки зерна, м.

З останньої залежності з врахуванням заданої інтенсивності просіювання  $\varepsilon$  знаходимо елементарну довжину:

для підсівного решета

$$l = \frac{Q}{q_B} = \frac{11,1}{13} = 0,85 \text{ м,}$$

для сортувального решета

$$l = \frac{Q}{q_B} = \frac{11,1}{11,5} = 0,96 \text{ м,}$$

для колосового решета

$$l = \frac{Q}{q_B} = \frac{11,1}{12} = 0,925 \text{ м.}$$

Знаходимо робочу довжину скальператора

$$L_p = \sum_{n=1}^i l \cdot z_i, \quad (3.17)$$

де  $z_i$  – необхідна кількість циклів обробки зерна для отримання необхідної повноти розділення [20];

$i$  – кількість фракцій;

$$L_p = 0,85 \cdot 1 + 0,96 \cdot 1 + 0,925 \cdot 1 = 2,735 \text{ м.}$$

### Визначення діаметра скальператорного решета

Визначаємо діаметр решета з формули [28]:

$$D = \frac{2 \cdot Q}{q_B \cdot L_p \cdot \mu \cdot \alpha_{ck}} \cdot \ln \frac{1}{1 - \varepsilon}, \quad (3.18)$$

де  $\varepsilon$  – необхідна повнота розділення зерна,  $\varepsilon = 0,8$ ;

$\mu$  – середнє значення коефіцієнта сепарації для прийнятої кількості циклів обробки зерна при відповідному питомому навантаженні [20].

Коефіцієнт сепарації розрахуємо за виразом [28]:

$$\mu = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3}{3} = \frac{0,35 + 0,6 + 0,6}{3} = 0,51,$$

де  $\mu_1, \mu_2, \mu_3$  – значення коефіцієнтів сепарації відповідно для прийнятої кількості циклів обробки зерна;

$\alpha_{ck}$  – кут, що визначає величину зони ковзання зерна по решітній поверхні

$$\alpha_{ck} = \alpha_0 + \alpha_c = 0,08 + 4,71 = 4,79 \text{ рад.}$$

Підставивши значення, отримаємо

$$D = \frac{2 \cdot 11,1}{12 \cdot 2,735 \cdot 0,475 \cdot 4,79} \cdot \ln \frac{1}{1 - 0,8} = 0,735 \text{ м.}$$

Прийmemo із стандартного ряду діаметр  $D = 750$  мм

Після визначення діаметра решета максимальне значення кута ковзання зерна визначаємо по формулі

$$\alpha_c = 2 \cdot \pi - \varphi - \arccos \left[ 1 - \frac{2 \cdot h}{D} (\varphi - \alpha_0) - 2 \cdot \sin^2 \frac{\varphi - \alpha_0}{2} \right], \quad (3.19)$$

де  $\varphi$  – кут зовнішнього тертя зерна по робочій поверхні зернознімача,

$$\varphi = \operatorname{arctg} f_1 = \operatorname{arctg} 0,428 = 0,4 \text{ рад.}$$

Підставляємо значення, отримаємо:

$$\alpha_c = 2 \cdot 3,14 - 0,4 - \arccos \left[ 1 - \frac{2 \cdot 0,04}{0,95} (0,4 - 0,08) - 2 \cdot \sin^2 \frac{0,4 - 0,08}{2} \right] = 4,766 \text{ рад.}$$

### Визначення частоти обертання скальператорного решета

Решето обертається із кутовою швидкістю [28]:

$$\omega = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \kappa}{D}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,81 \cdot 7}{0,75}} = 13,5 \text{ с}^{-1}. \quad (3.20)$$

Та частотою обертання

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 13,5}{3,14} = 128 \text{ об/хв.}$$

### Енергетичні розрахунки приводу решітного барабана

Знайдемо потужність приводу скальператора з виразу [28]:

$$N = N_1 + N_2 \quad (3.21)$$

де  $N_1$  – потужність, яка витрачається на подолання опорів;

$N_2$  – потужність на переміщення зерна в решеті;

$$N_1 = B \cdot \omega$$

де член рівняння  $B \cdot \omega$  – визначає потужність, яка йде на подолання шкідливих опорів [28].

Коефіцієнт  $B$  визначається так

$$B = R \cdot \psi \cdot \rho$$

де  $R$  – сума реакцій в опорах, Н;  $\psi$  – коефіцієнт тертя підшипникових вузлів;  $\rho$  – радіус цапфи, м.

Коефіцієнт тертя та радіус (цапфи) приймемо як для таких опор, що мають підшипники кочення, тоді

$\psi \cdot \rho = 0,015 \text{ м.}$ , а  $R$  – у першому приближенні дорівнює 4000 Н.

Отже

$$B = 4000 \cdot 0,015 = 60 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Потужність, яка витрачається на подолання опорів складає:

$$N_1 = 60 \cdot 13,5 = 810 \text{ Вт} = 0,81 \text{ кВт}.$$

Решітний барабан виконує роботу по перенесенню шару матеріалу з точки А в точку Б (рис. 3.5). Потужність на виконання цієї роботи [28]:

$$N_2 = \frac{A}{t},$$

де А – робота по перенесенню шару матеріалу з точки А в точку Б;

t – час на переміщення матеріалу, с [28].

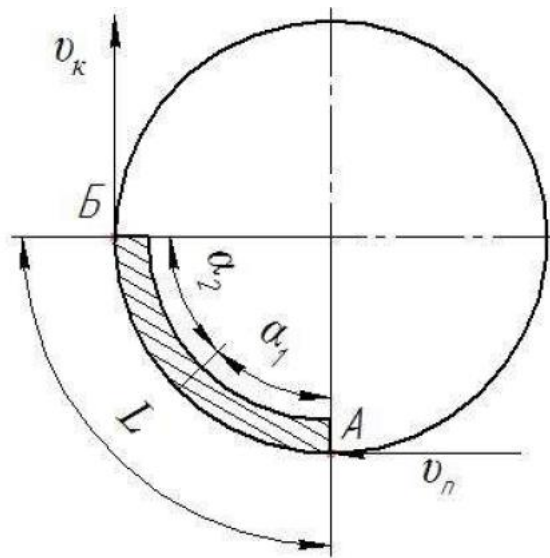


Рисунок 3.5 – Схема до визначення потужності на валу скальператора

Робота по перенесенню шару насіннєвого матеріалу знаходиться за формулою [28]:

$$A = F \cdot L_p \cdot \cos \alpha, \quad (3.22)$$

де F – сила, що діє на матеріал, Н;  $\alpha_1 = 30^\circ$  – кут між силою F і напрямком її дії на матеріал  $\alpha_2 = 60^\circ$ .

Значення сили знайдемо по закону Ньютона:

$$F = m \cdot a, \quad (3.23)$$

де  $m$  – маса матеріалу, який знаходиться на робочій поверхні барабана  
кг:

$$m = S \cdot L_p \cdot \rho$$

$S$  – площа сегмента барабана, в якому знаходиться ворох, м;

$\rho$  – насипна щільність соняшника, кг/м<sup>3</sup>;

$$S = \frac{R^2}{2} \left( \pi \frac{\alpha}{180} - \sin \alpha \right) = 0,13 \text{ м}^2;$$

$a$  – прискорення, якого набувають частки матеріалу, м/с<sup>2</sup>:

$$a = \frac{v_k - v_n}{t},$$

де  $v_k$  – кінцева швидкість, яку набувають частки, м/с ( $v_k = 2,4$  м/с);

$v_n$  – початкова швидкість часток, м/с ( $v_n = 0$ );

$t$  – час на переміщення матеріалу, с:

$$t = \frac{L}{v_k},$$

$$t = \frac{2,735}{2,4} = 1,14 \text{ с.}$$

Тоді отримаємо

$$a = \frac{2,4 - 0}{1,14} = 2,1 \text{ м/с}^2;$$

$$m = 0,13 \cdot 2,735 \cdot 450 = 160 \text{ кг};$$

Підставивши значення, маємо силу, яка діє на насіннєвий матеріал

$$F = 160 \cdot 2,1 = 336 \text{ Н},$$

А робота буде

$$A = 336 \cdot 2,735 \cdot 1 = 919 \text{ Дж.}$$

Отже, потужність, затрачена на здійснення переміщення насіння в барабані, буде

$$N_2 = \frac{919}{1,14} = 806 \text{ Вт} = 0,81 \text{ кВт.}$$

Тепер знаходимо загальну потужність привода барабану

$$N = 0,81 + 0,81 = 1,62 \text{ кВт.}$$

Знаходимо потужність, необхідну для електродвигуна

$$N_0 = \frac{N}{\eta_{кп}} = \frac{1,62}{0,97} = 1,67 \text{ кВт}$$

де  $\eta_{кп}$  – ККД передачі.

#### Висновок

У ході аналізу розвитку зерноочисних (решітних) машин встановлено, що дослідження та подальше вдосконалення сепараторів (тихохідних) скальператорних є актуальним напрямком. Так як ці пристрої належать до четвертого покоління, де поєднуються дія гравітаційних та інерційних сил на матеріал, обґрунтування оптимальних параметрів і режимів роботи скальператорних решіток сприяє інтенсифікації процесу сепарації. Теоретичний аналіз показав залежність параметричних і кінематичних характеристик скальператора (через кінематичний параметр руху матеріалу) від кількості шарів матеріалу та його властивостей, як фізичних, так і механічних.

## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ [29]**

### **4.1 Небезпечні та шкідливі фактори**

Під час експлуатації повітряного сепаратора можуть виникнути наступні небезпечні та шкідливі фактори:

- Підвищена запиленість робочої зони, що може викликати захворювання дихальних шляхів.
- Високий рівень шуму та вібрації, що негативно впливає на органи слуху та нервову систему працівників.
- Ризик пошкодження електричним струмом через пошкодження електрообладнання або неправильну експлуатацію.
- Можливість отримати травму від рухомих частин механізму при порушенні правил безпеки.
- Вибухонебезпечність через накопичення пилу та можливість іскроутворення.

### **4.2 Вимоги безпеки при виконанні післязбиральної обробки на зерноочисній машині**

При експлуатації зерноочисного обладнання особливу увагу слід приділяти безпечним умовам праці, оскільки машини мають підвищену небезпеку через наявність рухомих елементів, джерел пилу, шуму, вібрацій, а також електричного струму. Порушення правил безпечної експлуатації може призвести до травматизму, пожеж або ураження електрострумом.

До роботи з зерноочисною машиною допускаються лише особи, які пройшли навчання, інструктаж з охорони праці, перевірку знань та медичний огляд. Персонал повинен користуватися засобами індивідуального захисту (ЗІЗ): захисним одягом, окулярами, респіраторами, навушниками або берушами.

Для мінімізації ризиків під час роботи з повітряним сепаратором необхідно дотримуватися наступних вимог:

- Перед початком роботи провести перевірку технічного стану обладнання.

- Використовувати засоби індивідуального захисту: респіратори, захисні окуляри, протишумові навушники.
- Не допускати сторонніх осіб до робочої зони під час роботи обладнання.
- Виконувати регламентування технічного обслуговування та очищення сепаратора від пилу та сторонніх предметів.
- Не проводити ремонтні роботи або налаштування обладнання при ввімкненому живленні.

### **4.3 Заходи щодо забезпечення персоналу від утворення електричного струму**

Зерноочисні машини скальператорного типу працюють від електродвигунів, що підключаються до мережі змінного струму напругою 380/220 В. Одним з головних джерел небезпеки є ймовірність ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції, пробою струму на корпус або неправильного підключення.

#### ➤ Захисне заземлення

Усі металеві частини зерноочисної машини, що можуть опинитися під напругою внаслідок пошкодження ізоляції, повинні бути надійно заземлені. Заземлення виконується відповідно до вимог ДСТУ EN 61140:2017 та ПУЕ (Правил улаштування електроустановок).

Контур заземлення господарства повинен мати опір не більше 4 Ом для трифазної мережі з глухозаземленою нейтраллю. Рекомендується використання сталевих заземлювачів діаметром не менше 10 мм, забитих у ґрунт на глибину 2,5–3 м, з'єднаних зварюванням або болтовими з'єднаннями.

#### ➤ Використання захисного відключення (ПЗВ)

Для додаткового захисту рекомендовано встановлювати пристрої захисного відключення (ПЗВ) з номінальним струмом спрацювання не більше 30 мА, які миттєво знеструмлюють електромережу при виникненні струму витоку.

➤ Ізоляція та маркування

Усі кабелі та електропроводи повинні мати цілісну заводську ізоляцію, бути прокладені в захисних рукавах або коробах. Забороняється прокладка проводів по рухомих частинах машини. Електрообладнання повинно мати чітке маркування та попереджувальні знаки.

➤ Блокування і аварійна зупинка

Зерноочисна машина має бути обладнана кнопкою аварійної зупинки, яка легко доступна оператору. Також рекомендовано впровадити систему блокування, яка унеможлиблює запуск обладнання при відкритих захисних кожухах або люках.

➤ Регламент технічного обслуговування

Перевірка справності заземлення, ПЗВ, ізоляції, а також справність усіх з'єднань має проводитися згідно з регламентом не рідше одного разу на 6 місяців. Всі роботи з ремонту та обслуговування електрообладнання повинні виконувати лише електротехнічні працівники з відповідною групою допуску (не нижче III групи з електробезпеки).

Отже, забезпечення електробезпеки при експлуатації зерноочисної машини скальператорного типу є обов'язковою умовою організації безпечної праці персоналу. Виконання комплексу організаційно-технічних заходів — захисне заземлення, ПЗВ, техобслуговування, навчання — дозволяє мінімізувати ризик ураження електричним струмом і забезпечити безперебійну та безпечну експлуатацію обладнання.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА [30,31]

### Актуальність удосконалення технологічного процесу

Зерноочисні машини скальператорного типу показали ефективність як на первинних, так і на вторинних сепараторних лініях, проте їх продуктивність при первинній обробці соняшнику обмежена 32 т/год. Це зумовлено недосконалістю параметрів і режимів роботи скальператорного барабана.

У зв'язку з цим було запропоновано модернізацію конструкції зерноочисної машини, удосконалення параметрів і режимів роботи скальператорного барабана на основі аналізу переміщення зернової маси по внутрішній поверхні циліндричного решетування. Це дозволило покращити ефективність сепарації та збільшити продуктивність процесу.

Для оцінки доцільності модернізації проведено розрахунки економічної ефективності відповідно до рекомендацій (Додаток А).

Таблиця 5.1 - Техніко-економічні показники машин, що порівнюються

№ п/п	Показник	Одиниці вимірювання	Аналог	Проектна
1	Обсяг робіт	т	288	288
2	Продуктивність	т/год.	32	40
3	Встановлена потужність	кВт	2,2	3,1
4	Кількість персоналу	чол.	1	1
5	Ціна	грн.	87800	-

Аналіз техніко-економічного порівняння проектної та типової технологій (табл. 5.2) показує про економічну доцільність передбачуваних змін у процесі сепарації соняшника, що підтверджує економічний ефект - 1347,9 грн. До того ж, завдяки покращенню якості обробки, отримується можливість отримати додатковий дохід - 410400 грн.

Таблиця 5.2 - Результати техніко-економічного аналізу технологій

Показник	Од. вим.	Технології		Відхилення	
		Проектна	Аналог	+, -	%
Продуктивність	т/год	40	32	+8	+25
Витрати електроенергії	кВт-год	3,1	2,2	+0,9	+41
Собівартість	грн.	2207,58	2515,94	- 308,36	- 12,3
Питома собівартість	грн./т	7,67	8,74	-1,07	- 12,3
Економія витрат	грн.	308,16	х	х	х
Економічний ефект	грн.	1347,9	х	х	х
Додатковий дохід від підвищення якості очищення	грн.	410400	х	х	х

### Висновок

Розрахунки показали, що модернізація зерноочисної машини скальператорного типу є економічно доцільною. Поліпшення конструкції забезпечує зростання продуктивності, зниження енергоспоживання та підвищення якості очищеного середовища.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

За результатами проведеної роботи можемо зробити наступні висновки щодо комплексної механізації вирощування соняшника з обґрунтуванням параметрів зерноочисної машини скальператорного типу для ПП «Довжик» Охтирського району Сумської області :

1. Проведений аналіз агротехнологічних особливостей вирощування соняшнику в умовах Лісостепу України, що дозволило розробити інтенсивну технологію виробництва соняшника з відповідним механізованим забезпеченням всіх технологічних операцій, визначені енергоозброєність та енергонасиченість виробництва, що дозволить отримати якісний врожай з мінімізованими витратами.

2. Аналіз технології вирощування соняшника виявив необхідність підвищити ефективність виконання післязбирального очищення, а саме попереднього та первинного. Для цих операцій все більшої популярності набувають зерноочисні машини з циліндричним решетом, що обертається.

Машини даного типу, що представлені у господарствах мають продуктивність при первинній очистці соняшника до 40 т/год. та за один прохід розділяють матеріал на дві фракції. Дослідивши конструкцію вказаних зерноочисних машин і проаналізувавши тенденції розвитку решітних ЗОМ виявлена можливість підвищення ефективності її використання. Для цього запропоновано удосконалити скальператорне решето та обґрунтувати його параметри та режими роботи з метою забезпечення якісного розділення зернової суміші за один прохід на декілька фракцій. Згідно запропонованим змінам в технологічному процесі вирощування, розроблена операційно-технологічна карта первинної очистки соняшнику, де обґрунтовані технологічні особливості удосконалення.

4. Теоретично досліджено раціональні параметри та режими роботи решета скальператорного типу, в тому числі з врахуванням навантаження на решето (кількість шарів зерноsumіші) та фізико-механічних властивостей вороху. Визначений режим роботи скальператорного решета.

4. Проведені технологічні, кінематичні, енергетичні розрахунки запропонованої сепараторної системи, обґрунтовані геометричні і конструктивні параметри складових частин, що знижує металомісткість, енергоємність і собівартість виготовлення машини.

5. В розділі «Охорона праці» наведено заходи з безпечної експлуатації зерноочисної машини, що дозволять уникнути травм та шкоди здоров'ю обслуговуючого персоналу. зокрема обґрунтовано схему захисного заземлення обладнання.

6. Економічно обґрунтована модернізація зерноочисної машини та підтверджена економічна доцільність її використання. Так, запропоновані агротехнологічні прийоми при вирощуванні соняшника дозволять отримати економічний ефект, крім того маємо можливість отримати додатковий дохід за рахунок підвищення якісних показників очищення, що свідчить про ефективність запропонованих заходів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технічні засоби післязбиральної обробки насіння соняшнику: монографія/Є.В. Михайлов, С.В. Кюрчев, О.С. Колодій, Н.О. Задосна, В.О. Верхоланцева, Л.М. Чернишова, Н.О. Паляничка. – Мелітополь, видавничо – поліграфічний центр ТОВ “Форвардпресс,,,-2019р. – 203 с.
2. Статистична інформація/Головне управління статистики у Сумській області,- [https://sumy.ukrstat.gov.ua/?menu=1&article\\_id=13980](https://sumy.ukrstat.gov.ua/?menu=1&article_id=13980)
3. Mykhailov Ye., Golebiewski J., Kiurchev S., Hutsol T., Kolodii O., Nurek T., Glowacki Sz., Zadosna N., Verkholantseva V., Palianychka N., Kucher O. Economic and technical efficiency of sunflower seed processing. Monograph. – Warszawa: 2020. – 158 с.
4. Технічні засоби післязбиральної обробки насіння соняшнику. Монографія / Є. В. Михайлов, С. В. Кюрчев, О. С. Колодій, Н. О. Задосна, В. О. Верхоланцева, Л. М. Чернишова, Н. О. Паляничка. Мелітополь. Видавничо-поліграфічний центр ТОВ «Форвардпресс», 2019. 203 с.
5. Машини і обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна / А.С. Кобець, Ю.О. Чурсінов, С.А. Черних, М.П. Сабадаш, Н.В. Грекова, В.П. Канунніков – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2013. – 766 с.
6. Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки і зберігання врожаю (за ред. Халіна С. В., Лебедева С. А.) / [Колектив авторів]; Міністерство аграрної політики та продовольства України; УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2023. - 323 с.
7. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: навчальний посібник. – Університетська книга, 2020. – 543 с.
8. Основи теорії та технології повітряної сепарації зернових матеріалів: монографія / Б. І. Котов, С. П. Степаненко. Київ : ЦП Компринт, 2023. 427 с.
9. Примак І.Д., Єзерковська Л.В., Федорук Ю.В, Караульна В.М., Покотило І.А. та ін. Землеробство. Вінниця: ТОВ “Твори”, 2020. 578с.
10. ДСТУ 7011:2009. Соняшник. Технічні умови. [Текст]. – Введ. 01.07.11. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 11 с.

11. Рожко І.С., Кулик Ю.В. Навчальний посібник з дисципліни «Стандартизація, управління якістю, технологія зберігання та переробки продукції рослинництва». Частина перша: «Технологія зберігання зернових мас». Львів, 2018. 76 с.

12. Петров П.В. Агротехнологія і технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. / Петров П.В., Посполітак Т.Є., Юркевич Є.О. – К. : Аграрна освіта, 2009. – 268 с.

13. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництв [Текст] : підручник / Самойчук К. О. [та ін.] ; [за ред. Самойчука К. О.] ; Тавр. держ. агротехнол. ун-т ім. Дмитра Моторного, Каф. ОПХВ проф. Ф. Ю. Ялпачика. - Київ : ПрофКнига, 2020. - 427 с.

14. Михайлов Є.В., Кольцов М.П., Білокопитов О.О., До питання класифікації зерноочисних машин та їх повітряних потоків. Праці таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – Вип. 11. т 5.: с. 182-192.

15. Степаненко С. П., Прилуцький А. Н., Попадюк І. С. Механіко-технологічне обґрунтування операцій технологічного процесу пневмовихрового сепарувального пристрою. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія : Техніка та енергетика АПК. 2017. Вип. 258. С. 70-82.

16. Задосна Н.О. Передумови визначення параметрів і режимів роботи машини попередньої очистки зерна /Н.О. Задосна// Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2015. Вип. 15, т. 4. С. 167-172.

17. Савченко С.В., Хоменко С.В. Сучасні технології та технічні засоби для післязбирального очищення насіння зернових культур. Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 135-140

18. Харченко С. О., Харченко Ф. М., Стельмах А. М., Погуляй В. М., Майоров О. В., Гузь О. І. Аналіз конструкцій перфорованих просіювальних поверхонь сепарувального обладнання, перспективи їх розвитку // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів», випуск 3 (57), 2024. - с. 51-58.<https://snaubulletin.com.ua/index.php/mapp/article/view/1192>.  
<https://doi.org/10.32782/msnau.2024.3.8>.
19. Харченко, С.О., Харченко, Ф.М., Панкова, О.В., Бакум, М.В., & Харченко, Д.О. (2022). Ідентифікація властивостей насінних сумішей при поділі їх на віброцентробіжні ситові сепаратори/Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів , (2(48), 83-87. <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.2.12>.
20. Постнікова М.В., Петров В.О. Дослідження енергоємності процесу очищення зерна на зерноочисних машинах. Науковий вісник ТДАТУ. 2018. Вип. 8. Т2. С. 238-245. DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-33.
21. Design and Experimental Study of a Cleaning Device for Edible Sunflower Harvesting Agriculture, 2024, Vol. 14, Issue 8, Article 1344.
22. Paltsev V.S., Letoshnev M.N., Malis A.Ya., Demidov A.R. Mathematical Model of the Separation Process of Sunflower Seeds in Innovative Air-Sieve Grain-Cleaning Machines Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2022, Vol. 28, No. 2, pp. 362–366.
23. Priporov I. E. Modeling the Sunflower Seeds Separation Process in Air-Sieve Grain-Cleaning Machines ResearchGate, 2021. DOI: [10.1088/1757-899X/1111/1/012048](https://doi.org/10.1088/1757-899X/1111/1/012048)
24. Jan Turan Analysis of the Parameters of Quality Sunflower Hybrid Seed After Processing on Fine Cleaner, Trijer Machine and Gravity Separator <https://doi.org/10.5937/SAVPOLJTEH1601025J>.
25. V.Olshanskii, A. Olshanskii, S. Kharchenko, S.Kovalyshyn, F. Kharchenko, O.Pankova. About the dynamics of heterogeneous fine-grained mixture

on a flat vibrosieve. ТЕКА. Quarterly journal of agri-food industry – 2022, Vol. 22, No. 1

26. Kharchenko S., Samborski S., Kharchenko F., Pasnik J., Kovalyshyn S., Sirovitskiy K. Influence of Physical and Constructive Parameters on Durability of Sieves of Grain Cleaning Machines. *Advances in Science and Technology Research Journal*, 2022, 16(6), 156–165. <https://doi.org/10.12913/22998624/156128>

27. Методичні вказівки до виконання бакалаврських дипломних проектів для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 208 «Агроінженерія» денної та заочної форм навчання.– Суми: Сумський НАУ, 2021, 76 с., 6 рис., 9 табл., 19 бібл., 7 додатків.

28. Петренко Д.І. Визначення енергоємності очищення зерна відцентрово пневматичним сепаратором / Д.І. Петренко // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2012. – № 41.- С. 194-200.

29. Курепін В. М., Горбунова К. М., Курепін В. М. Охорона праці в галузі та цивільний захист: навч. посібник. – Миколаїв: МНАУ, 2020. – 266 с.

30. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник – К.: Вища освіта, 2013.– 535 с.

31. Петрига О. М., Яворська Т. І., Прус Ю. О.Економіка аграрного підприємства: навч. посібник / за ред. О. М. Петриги, Т. І. Яворської. – Херсон: ХДАУ, 2020. – 352 с.