

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Інженерно-технологічний факультет**  
**Кафедра енергетики та електротехнічних систем**

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри енергетики та  
електротехнічних систем

---

доцент Чепіжний А.В.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Обґрунтування параметрів  
електротехнологічного комплексу виробництва очистки  
та калібрування вівса на ТОВ «Фірма Діамант ЛТД» м.  
Полтава»

Виконав

\_\_\_\_\_

(підпис)

Клаптенко А.О.

(прізвище, ініціали)

Група

ЕТЕС 2301-1м

(Науковий) керівник:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Барсукова Г.В.

(прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Інженерно-технологічний факультет  
Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

завідувач кафедри енергетики та  
електротехнічних систем

доцент \_\_\_\_\_ Чепіжний А.В.  
(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ року

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ  
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Клаптенку Артуру Олександровичу  
(прізвище, ім'я та по батькові)

**1. Тема роботи:** Обґрунтування параметрів електротехнологічного комплексу виробництва очистки та калібрування вівса на ТОВ «Фірма Діамант ЛТД» м. Полтава

керівник роботи: Барсукова Ганна Володимирівна, к.т.н., доцент

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

затверджено наказом по закладу вищої освіти від «26» 02 2024 р. № 572/ос

**2. Термін подання здобувачем закінченої роботи** «11» 11 2024 р.

**3. Вихідні дані до роботи** технічні характеристики очистки та калібрування вівса, нормативні документи для проведення досліджень, стандарти.

**4. Зміст пояснювальної записки** (перелік питань, що підлягають розробці):

1 Стан проблеми та постановка завдань досліджень.

2 Аналіз технологічного процесу очистки вівса.

3 Обґрунтування параметрів електротехнологічного комплексу.

4 Розробка і впровадження електротехнологічного комплексу.

5 Охорона праці.

6 Економічне обґрунтування.

Висновки.

Список використаних джерел.

**5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:**

Презентаційний матеріал виконаний в програмі Power Point

## 6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата

## КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 15.08.2024 р.	
2	Складання плану роботи	до 23.08.2024 р.	
3	Написання вступу	до 26.08.2024 р.	
4	Підготовка розділу «Розділ 1»	до 28.08.2024 р.	
5	Підготовка розділу «Розділ 2»	до 16.09.2024 р.	
6	Підготовка розділу «Розділ 3»	до 30.09.2024 р.	
7	Підготовка розділу «Розділ 4»	до 07.10.2024 р.	
8	Підготовка розділу «Розділ 5»	до 14.10.2024 р.	
9	Підготовка розділу «Розділ 6»	до 21.10.2024 р.	
10	Написання висновків	до 28.10.2024 р.	
11	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 01.11.2024 р.	
12	Подання роботи на рецензування	до 05.11.2024 р.	
13	Подання до попереднього захисту	до 12.11.2024 р.	

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_ (підпис)

(Клаптенко А.О.)  
(прізвище, ініціали)

(Науковий) керівник  
дипломної роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

(Барсукова Г.В.)  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Обґрунтування параметрів електротехнологічного комплексу очистки вівса на ТОВ «ФІРМА ДІАМАНТ ЛТД» м. Полтава.

Дипломна робота / Клаптенко Артур Олександрович – Суми.: СНАУ, 2024 р. – 53 с.

Об’єкт дослідження – електротехнологічний комплекс очистки вівса та вплив параметрів на ефективність виробництва і якість продукції.

Предмет дослідження – процес очистки вівса на ТОВ «ФІРМА ДІАМАНТ ЛТД» м. Полтава.

Мета роботи – обґрунтування оптимальних параметрів електротехнологічного комплексу очистки вівса на ТОВ «ФІРМА ДІАМАНТ ЛТД» м. Полтава.

В дипломній роботі проведено аналіз існуючих методів очистки вівса. Визначено та проаналізовано фактори, які впливають на ефективність та енергоємність цього процесу.

Результати дослідження показали, що використання сучасних технічних рішень дозволяє зменшити витрати, оптимізувати робочі процеси та підвищити якість вироблених вівсяних пластівців.

Розглянуто питання охорони праці при очистки вівса. Проведено економічне обґрунтування запропонованої системи керування. Впровадження БСХМ-16 видається економічно доцільним та перспективним для підвищення конкурентоспроможності ТОВ «ФІРМА ДІАМАНТ ЛТД» на ринку виробництва вівсяних пластівців.

**Ключові слова:** овес, сепаратор, очистка, система керування, автоматизація.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	7
<b>РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ</b>	
ДОСЛІДЖЕНЬ .....	9
1.1. Аналіз сучасних методів очистки вівса .....	9
1.2. Технологічні особливості процесу очистки вівса .....	10
1.3. Вивчення інновацій у сфері керування процесом очистки вівса .....	11
1.4. Висновки до розділу 1 .....	11
<b>РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ ВІВСА ....</b>	
2.1. Опис поточного технологічного процесу очистки вівса .....	12
2.2. Визначення ключових параметрів впливу на якість та час очистки .....	16
2.3. Вимоги до якості очищеного вівса .....	17
2.4. Висновки до розділу 2 .....	18
<b>РОЗДІЛ 3. ОБґРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО</b>	
<b>КОМПЛЕКСУ .....</b>	
3.1. Вибір необхідного обладнання та технологій керування .....	20
3.2. Розрахунок технічних параметрів та ефективності .....	22
3.3. Упровадження систем автоматизації та контролю процесу .....	23
3.4. Висновки до розділу 3 .....	24
<b>РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО</b>	
<b>КОМПЛЕКСУ .....</b>	
4.1. Проектування системи керування процесом очистки вівса .....	26
4.2. Випробування та оптимізація роботи комплексу на практиці .....	29
4.3. Виготовлення та випробування комплексу .....	31
4.4. Висновки до розділу 4 .....	35

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	38
5.1. Організація охорони праці при експлуатації електротехнологічного комплексу очистки вівса .....	38
5.2. Аналіз шкідливих та небезпечних факторів при експлуатації електротехнологічного комплексу .....	39
5.3. Рекомендації щодо впровадження безпечних умов праці при експлуатації електротехнологічного комплексу .....	40
5.4. Висновки до розділу 5 .....	41
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ .....	42
6.1. Розрахунок витрат на впровадження електротехнологічного комплексу .....	42
6.2. Визначення економічних показників впровадження електротехнологічного комплексу .....	45
6.3. Висновки до розділу 6 .....	47
ВИСНОВКИ .....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	50

## ВСТУП

Дослідження щодо інновацій у сфері керування процесом очистки вівса є надзвичайно актуальним у сучасних умовах агропромислового виробництва. Високі вимоги до якості продукту, обумовлені сучасними стандартами харчової безпеки, ставлять перед підприємствами завдання підвищення ефективності їх роботи [1].

*Актуальність* впровадження новітніх технологій автоматизації у цей процес обумовлена необхідністю зменшення витрат, оптимізації ресурсів та забезпечення безперервного моніторингу якості. Конкурентоспроможність на ринку агропродукції вимагає від підприємств не лише розробки та впровадження нових рішень, але й адаптації існуючих технологій до сучасних вимог.

*Метою даного дослідження* є обґрунтування оптимальних параметрів електротехнологічного комплексу очистки вівса на ТОВ «ФІРМА ДІАМАНТ ЛТД» м. Полтава. Для досягнення цієї мети можуть бути реалізовані комплексні дослідницькі заходи, які включатимуть аналіз сучасних методів управління, систем збору даних та автоматизації виробництв.

*Завданнями дослідження* є аналіз існуючих технологій очистки вівса, вивчення питань оптимізації енергетичних витрат, дослідження впливу впровадження автоматизованих систем на продуктивність та якість обробки вівса. Планується детально вивчити процеси налаштування та інтеграції нових технологій у виробничі системи, що дозволить виявити основні переваги та недоліки таких змін.

*Об'єктом дослідження* є електротехнологічний комплекс очистки вівса та вплив параметрів на ефективність виробництва та якість продукції. Важливою

складовою дослідження стане також вивчення сучасних технічних засобів, використовуваних у процесах очистки, та їхні характеристики.

*Предметом дослідження є процес очистки вівса на ТОВ «ФІРМА ДІАМАНТ ЛТД» м. Полтава.*

*Методи дослідження будуть включати як кількісні, так і якісні підходи. Серед них планується використання статистичних методів для аналізу даних, а також аналіз оцінки впливу нововведень на ефективність процесів. Крім того, передбачено проведення експериментальних перевірок якості очищення та технологічних параметрів на базі обраного підприємства.*

*Наукова новизна роботи полягає в розробці комплексного підходу до управління процесом очистки вівса з урахуванням новітніх досягнень у галузі автоматизації. Запропоновані рішення можуть стати основою для подальших досліджень у сфері агрономії та інженерії, сприяючи підвищенню продуктивності та якості агропродукції.*

Результати дослідження матимуть *практичне значення* для впровадження електротехнологічного комплексу очистки вівса на ТОВ «ФІРМА ДІАМАНТ ЛТД» м. Полтава.

*Апробація результатів магістерської роботи.* За результатами досліджень опубліковано 2 тези-доповіді та взято участь в XI Міжнародній науково-практичній конференції **«Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування»** (теорія, практика, історія, освіта) (06-07 листопада 2024 р.).

## РОЗДІЛ 1. СТАН ПРОБЛЕМИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАНЬ ДОСЛІДЖЕНЬ

Стан проблеми очищення вівса набуває особливої актуальності в умовах зростаючих вимог до якості агропромислової продукції. Очищення вівса не лише впливає на смакові та технологічні характеристики фінального продукту, а й визначає безпосередньо конкурентоспроможність на ринку [2]. Всебічний аналіз сучасних методів очищення, оцінка технологічних особливостей та новітніх рішень в управлінні цими процесами вимагають систематичного підходу. В рамках даного дослідження передбачається дослідити існуючі методи очищення, їх переваги та недоліки, виявити основні проблеми, з якими стикаються виробники, а також запропонувати шляхи їх вирішення з використанням сучасних технологій [3].

### 1.1. Аналіз сучасних методів очистки вівса

Аналіз сучасних методів очистки вівса розкриває різноманітні підходи, що застосовуються в галузі.

*Основні методи:*

- Механічні технології;
- Електронні технології.

*Механічні методи* включають використання сит, які дозволяють відокремлювати зерно від нележного матеріалу за розмірами, а також системи відбору, що коригують потік повітря для видалення легких домішок [4].

У той же час, автоматизовані *електронні системи* для аналізу якості вхідної сировини здобувають популярність. Вони забезпечують точність та швидкість процесу очищення, знижуючи кількість ручних операцій [5].

Важливо відзначити, що найсучасніші рішення інтегрують принципи штучного інтелекту для оптимізації роботи обладнання, що підвищує ефективність очищення й знижує енергоспоживання [6].

## 1.2. Технологічні особливості процесу очистки вівса

До технологічних особливостей процесу очистки вівса належить кілька критично важливих аспектів.

Процес зазвичай складається з декількох *етапів*, таких як:

- попереднє очищення,
- основне очищення,
- калібрування,
- контроль якості.

Кожен з цих етапів вимагає детального аналізу специфіки обробки, щоб забезпечити максимально можливу якість кінцевого продукту [7].

Важливе значення мають *параметри*, такі як:

- вологість зерна,
- температура,
- час обробки,

які можуть впливати на результати очищення. Інтеграція автоматизованих систем управління дозволяє адаптувати технологічні параметри до змін у характеристиках вхідної сировини. Це дає можливість не лише підвищувати продуктивність, але й знижувати можливі втрати при обробці [8].

### **1.3. Вивчення інновацій у сфері керування процесом очистки вівса**

Вивчення інновацій у сфері керування процесом очистки вівса відкриває нові перспективи для підвищення ефективності виробництва. Сучасні технології автоматизації, що ґрунтуються на використанні датчиків та систем збору даних, дозволяють здійснювати постійний моніторинг якості очищення в реальному часі. Це дає змогу не лише знижувати ризики помилок, а й оперативно реагувати на зміни в процесі [9]. Інноваційні рішення також передбачають використання алгоритмів машинного навчання, які допомагають аналізувати дані та прогнозувати оптимальні режими роботи обладнання. Впровадження таких технологій може суттєво знизити експлуатаційні витрати та підвищити продуктивність.

### **1.4. Висновки до розділу 1**

Висновки до першого розділу підкреслюють складність і важливість процесу очищення вівса. Актуальність врахування сучасних методів та технологічних особливостей є очевидною, адже вони безпосередньо впливають на якість кінцевого продукту. Інновації в керуванні процесами очищення стають базою для подальшого розвитку галузі, адже впровадження нових технологій дозволяє оптимізувати виробництво, зменшити втрати та підвищити конкурентоспроможність. Дослідження у цій сфері сприятиме не лише розробці ефективних технологій очищення, а й формуванню нових стандартів якості в агропромисловості.

## РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИСТКИ ВІВСА

### 2.1. Опис поточного технологічного процесу очистки вівса

Технологічний процес очистки вівса є багатоетапним і складається з кількох *основних операцій*. Спочатку відбувається прийом та зберігання вівсяного зерна на елеваторі або складі, а потім вівсяне зерно подається на попереднє очищення [10].

На етапі *попереднього очищення* використовуються решітні сепаратори та повітряні канали. Решітні сепаратори відділяють великі домішки, такі як солома, солома, грудки землі, каміння та інші сторонні предмети, що відрізняються від зерна за розміром. Повітряні канали видаляють легкі домішки, наприклад пил, дрібне насіння бур'янів, за допомогою потоку повітря. Після попереднього очищення вівсяне зерно містить менше домішок і готове до основного очищення [11].

Для забезпечення ефективної та безперебійної роботи електротехнологічного комплексу на підприємстві запроваджений зерноочищувальний сепаратор БСХМ-16 (рис. 2.1). Сепаратор встановлений в підготовчому складі ТОВ «ФІРМА ДІАМАНТ ЛТД» м. Полтава [12].

Такого виду апарати призначені для очищення зерна (пшениці, жита, вівса та ін.) від домішок, що відрізняються від нього геометричними розмірами і аеродинамічними властивостями, а також для поділу зернової суміші на фракції [13].



Рисунок 2.1 – Зерноочищувальний сепаратор БСХМ-16

Технічні характеристики сепаратора БСХМ-16 наведені в таблиці 2.1 [14].

Таблиця 2.1 – Технічні показники БСХМ-16

Найменування показників	БСХМ-16
1. Продуктивність технічна для вівса при нормальній засміченості (2-3%) і вологості не більше 15%:	
- попереднє очищення (елеваторний режим), т/час;	66
- остаточне очищення (млиновий режим), т/час	16
2. Ефективність очищення від смітної домішки для вівса з нормальною засміченістю (2-3%) і вологістю до 15%:	
- попереднє очищення, %, не менше	20
- остаточне очищення, %, не менше	75
3. Встановлена потужність, кВт, не менше:	0,74
4. Частота коливань кузова в режимі холостого ходу:	15,66
- С <sup>-1</sup> (кол/хв.)	940
5. Розмах коливань (хід) кузова, мм:	5 ÷ 5,5
6. Кут нахилу кузова, градусів:	
- при попередньому очищенні	10
- при остаточному очищенні	6
7. Кут кидання вібратора, град:	
- при попередньому очищенні	25
- при остаточному очищенні	20
8. Витрати повітря на аспірацію, м <sup>3</sup> /год., не більше:	5 600
9. Габаритні розміри, мм, не більше:	
- довжина	2 700
- ширина	1 690
- висота	1 856
10. Загальна маса сепаратора, кг, не більше, в тому числі:	690
- сепаратора	570
- пневмоканала	120
11. Середнє напрацювання на відмову, год, не менше:	1 000
11. Термін служби, років:	8

Для очищення таких культур, як овес, продуктивність зменшується до 70 % від номінальної.

Продуктивність при збільшеній засміченості і вологості зерна зменшується:

- при вологості 15-18 % до 65-70 %;
- при вологості 18-22 % до 55-60 %;
- при вологості вище 22% до 50% від номінальної.

#### *Принцип роботи сепаратора БСХМ-16:*

Принцип роботи сепаратора полягає в поділі вихідної зернової суміші на фракції шляхом послідовного просіювання її через три яруси решіт, що здійснюють зворотно-поступальні коливальні рухи, і виділення легких домішок і пилу з великої фракції шляхом проходження її через висхідний потік повітря в пневмосепаруючому каналі.

На рис.2.2 зображена технологічна схема сепаратора. Через вхідні патрубки 1 та рукава 2 вихідна зернова суміш надходить на сита першого ярусу, великі домішки (схід) виводяться з сепаратора через лотки першого ярусу. Прохід з сит першого ярусу надходить в розподільник кузова 3, сита другого ярусу 4. Прохід з другого ярусу надходить на третій ярус 5, а великі домішки (схід) виводяться з сепаратора через верхній канал випускного пристрою 6. На нижньому ситі зерно ділиться на фракції. Велике зерно (сход) через канал 7 надходить в пневмосепаруючий канал 8, а дрібне зерно (прохід) виводиться через лоток 9. У пневмосепаруючому каналі зерно продувається висхідним потоком повітря, очищується від легких домішок і пилу та надходить на подальшу обробку відповідно до технологічного процесу.

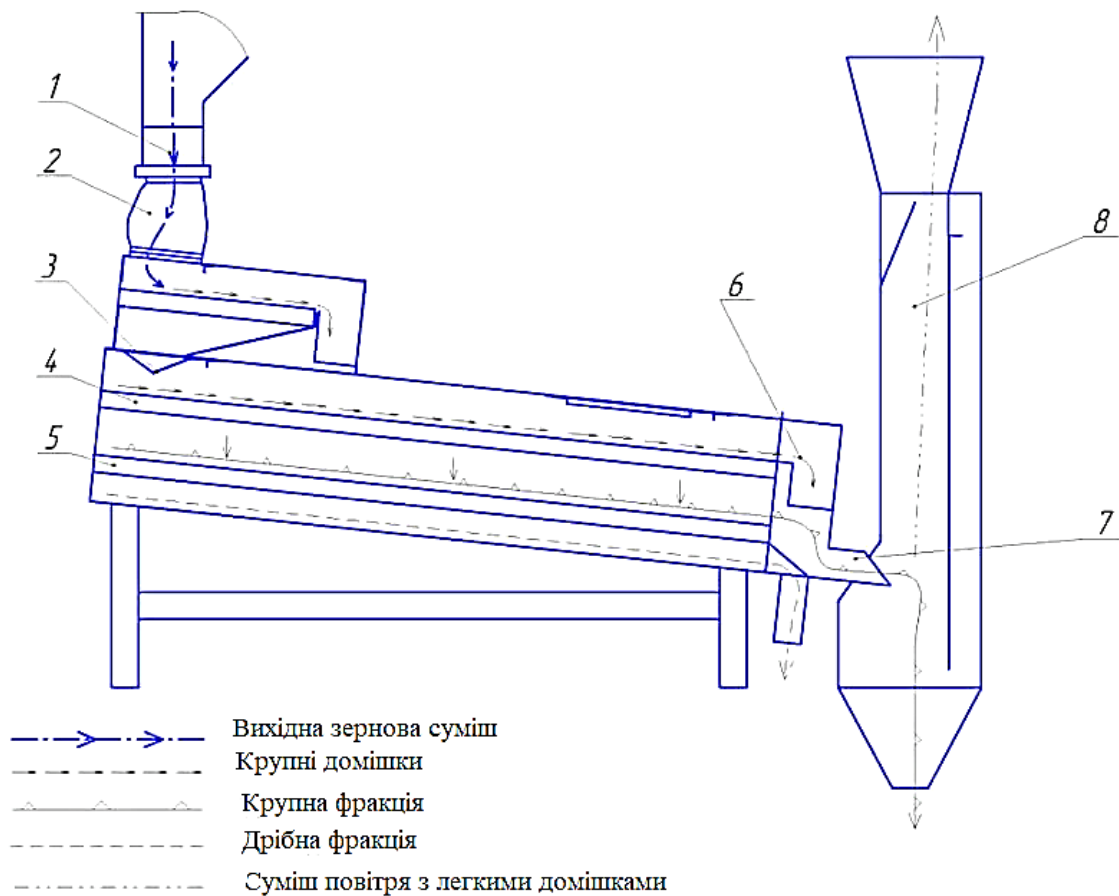


Рисунок 2.2 – Технологічна схема сепаратора БСХМ-16 [15]

Основне очищення вівса здійснюється за допомогою більш точних і ефективних пристроїв - решітних сепараторів, повітряних каналів та трієрів. Решітні сепаратори мають кілька ярусів решіт з отворами різного розміру, що дозволяє відокремити дрібні домішки та пошкоджене зерно. Повітряні канали видаляють легкі домішки, використовуючи потужний потік повітря. Трієри розділяють зерно на фракції за формою та розміром за допомогою обертових циліндричних решіт [16].

Після основного очищення вівсяне зерно проходить *додаткову обробку*, таку як калібрування, шліфування, полірування тощо, залежно від кінцевого призначення продукту. Очищений овес повинен відповідати встановленим стандартам якості та бути придатним для подальшої переробки або споживання [17].

Важливо зазначити, що на різних підприємствах технологічний процес очищення вівса може дещо відрізнятися, але загальні принципи та етапи

залишаються подібними. Ретельне очищення є критично важливим для забезпечення високої якості вівсяного зерна та продуктів його переробки [18].

## **2.2. Визначення ключових параметрів впливу на якість та час очистки**

Якість та швидкість процесу очищення вівса залежать від низки важливих параметрів, які необхідно ретельно контролювати та налаштовувати. Одним з найголовніших чинників є *вологість* зерна. Якщо вологість перевищує допустимі норми, це може призвести до ускладнень під час очищення, зниження ефективності процесу та погіршення якості кінцевого продукту. Тому дуже важливо стежити за рівнем вологості вівса та, за необхідності, проводити його сушіння перед очищенням [19].

Іншим ключовим параметром є *ступінь засміченості* вихідного матеріалу. Чим більше домішок міститься у вівсі, тим складнішим і тривалішим буде процес його очищення. Значна кількість домішок може призвести до забивання решіт, зниження продуктивності обладнання та погіршення якості кінцевого продукту [20].

Важливу роль відіграють також *розміри отворів решіт*, які використовуються на різних етапах очищення. Правильний підбір решіт з відповідними отворами забезпечує ефективне відділення домішок від зерна та поділ зернової суміші на необхідні фракції [21].

*Швидкість повітряного потоку* в пневмосепаруючому каналі також є критичним параметром. Занадто висока швидкість може призвести до видалення не лише легких домішок, але й частини зерна, тоді як занадто низька швидкість не забезпечить належного очищення.

Крім того, на якість та час очищення впливають налаштування обладнання, такі як *кут нахилу кузова, кут встановлення вібраторів, частота коливань кузова* та інші. Правильне налаштування обладнання відповідно до характеристик вихідного матеріалу та вимог до кінцевого продукту є запорукою ефективної роботи всього технологічного процесу.

Таким чином, ретельний контроль та оптимізація всіх ключових параметрів, включаючи вологість зерна, ступінь засміченості, розміри отворів решіт, швидкість повітряного потоку та налаштування обладнання, є необхідною умовою для забезпечення високої якості та швидкості очищення вівса [22].

### **2.3. Вимоги до якості очищеного вівса**

Очищений овес повинен відповідати певним стандартам якості, встановленим нормативними документами та вимогами споживачів. Зокрема, він має бути вільним від сторонніх домішок, таких як пил, насіння бур'янів, комахи та їх частини, грудки землі, солома тощо. Максимально допустимий вміст зернових домішок у очищеному вівсі не повинен перевищувати 2% від загальної маси. Крім того, вміст пошкоджених, щуплих та пророслих зерен не повинен перевищувати 5% [19, 20].

*Важливими показниками якості очищеного вівса є:*

- вологість,
- колір,
- смак.

*Вологість зерна* має бути в межах 13-15%, що забезпечує його належне зберігання та подальшу переробку.

*Колір вівса* повинен бути світло-жовтим або кремовим, без сірих або темних вкраплень.

*Запах* має бути приємним, характерним для свіжого вівса, без сторонніх запахів плісняви, затхлості чи інших дефектів.

*Смак* вівса також повинен бути солодкуватим, без гіркоти чи інших присмаків.

Окрім того, очищений овес має відповідати вимогам щодо вмісту токсичних елементів, пестицидів, радіонуклідів та мікотоксинів, які не

повинні перевищувати гранично допустимі рівні, встановлені санітарними нормами та правилами. Це забезпечує безпечність продукту для споживання людиною [18, 20].

Дотримання всіх цих вимог до якості очищеного вівса є запорукою отримання високоякісної сировини для подальшої переробки на крупи, борошно, пластівці тощо, а також гарантією безпечності та придатності для споживання [1, 3].

#### **2.4. Висновки до розділу 2**

Процес очистки вівса є складним і багатоетапним, що вимагає ретельного контролю та налаштування обладнання. Ключовими параметрами, які впливають на якість та тривалість очищення, є вологість зерна, ступінь засміченості вихідного матеріалу, розміри отворів решіт, швидкість повітряного потоку та налаштування обладнання. Очищений овес повинен відповідати встановленим стандартам якості, бути вільним від сторонніх домішок, мати належні показники вологості, кольору, запаху та смаку. Дотримання вимог до якості очищеного вівса є запорукою отримання високоякісної продукції для подальшої переробки або споживання.

Для ефективного очищення вівса використовується спеціалізоване обладнання, зокрема зерноочисні сепаратори, такі як БСХМ-16. Цей сепаратор призначений для видалення домішок, що відрізняються від зерна геометричними розмірами та аеродинамічними властивостями, а також для поділу зернової суміші на фракції. Принцип його роботи полягає у послідовному просіюванні зернової суміші через три яруси решіт, що здійснюють зворотно-поступальні коливальні рухи, та виділенні легких домішок і пилу з великої фракції за допомогою висхідного потоку повітря в пневмосепаруючому каналі.

Важливим аспектом є правильний підбір решіт для сепаратора, що залежить від характеристик вихідного матеріалу, таких як вологість,

засміченість, фракційний склад тощо. Це дозволяє досягти максимальної ефективності очищення та отримати якісний кінцевий продукт.

Отже, процес очистки вівса вимагає ретельного дотримання технологічних вимог, використання відповідного обладнання та контролю ключових параметрів. Лише за таких умов можна забезпечити високу якість очищеного вівса, що є необхідною умовою для його подальшої успішної переробки або безпосереднього споживання.

## РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

### 3.1. Вибір необхідного обладнання та технологій керування

При виборі обладнання для електротехнологічного комплексу необхідно враховувати низку факторів, таких як:

- Продуктивність;
- Енергоефективність;
- Надійність;
- Безпека;
- Вартість.

Слід ретельно проаналізувати технологічні процеси, що будуть реалізовуватися в комплексі, та обрати відповідне обладнання, яке забезпечить необхідні параметри та характеристики. Важливо також врахувати можливість інтеграції обладнання з системами автоматизації та контролю процесу [16].

*Технології керування* відіграють ключову роль в ефективній роботі електротехнологічного комплексу. Необхідно обрати відповідні системи керування, які забезпечать:

- точне регулювання параметрів процесу;
- моніторинг стану обладнання;
- швидке реагування на будь-які відхиленн.

Сучасні технології керування, такі як програмовані логічні контролери (ПЛК) (рис. 3.1), системи збору та обробки даних (SCADA) (рис. 3.2) та промислові мережі, дозволяють ефективно керувати складними технологічними процесами та підвищувати загальну продуктивність комплексу [18].



Рисунок 3.1 – Програмований логічний контролер

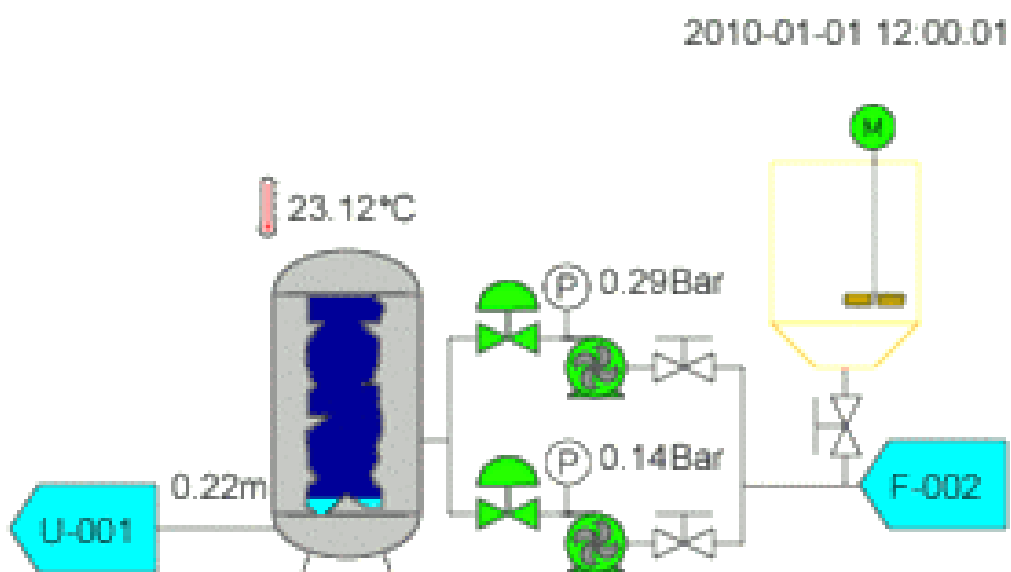


Рисунок 3.2 – Анімація роботи графічного інтерфейсу SCADA-системи

### 3.2. Розрахунок технічних параметрів та ефективності

Для забезпечення ефективної роботи електротехнологічного комплексу необхідно провести ретельні розрахунки технічних параметрів та оцінити його ефективність [23].

Це включає:

- розрахунок потужності обладнання;
- енергоспоживання;
- продуктивності;
- втрат енергії та інших важливих показників/

*Розрахунок потужності* обладнання базується на технологічних вимогах процесу та характеристиках сировини або матеріалів, що будуть оброблятися. Необхідно врахувати пікові навантаження та забезпечити достатній запас потужності для безперебійної роботи.

*Енергоспоживання* є одним з ключових факторів, що впливають на ефективність електротехнологічного комплексу. Слід провести детальний аналіз енергоспоживання кожного елемента комплексу та розробити заходи з енергозбереження, такі як використання енергоефективного обладнання, оптимізація режимів роботи та впровадження систем рекуперації енергії.

*Розрахунок продуктивності* комплексу базується на технологічних вимогах та характеристиках обладнання. Необхідно забезпечити відповідність продуктивності комплексу потребам виробництва та можливість її регулювання в залежності від змін у навантаженні.

*Оцінка втрат енергії* є важливим аспектом розрахунку ефективності електротехнологічного комплексу. Слід проаналізувати можливі джерела втрат, такі як втрати в обладнанні, втрати при передачі енергії та втрати через недосконалість технологічних процесів, та розробити заходи для їх мінімізації.

### 3.3. Упровадження систем автоматизації та контролю процесу

Для забезпечення ефективної та безперебійної роботи електротехнологічного комплексу необхідно впровадити сучасні системи автоматизації та контролю процесу. Ці системи дозволяють відстежувати та регулювати ключові параметри обладнання, забезпечуючи оптимальний режим роботи та мінімізуючи ризики виникнення несправностей чи аварійних ситуацій [14].

Одним із ключових компонентів системи автоматизації є *ПЛК*. Вони відповідають за збір даних від різноманітних датчиків, обробку цих даних та видачу керуючих сигналів на виконавчі механізми. ПЛК забезпечують точне регулювання технологічних параметрів, таких як температура, тиск, витрата, рівень тощо.

Крім того, система автоматизації повинна включати *людино-машинний інтерфейс (HMI)*, який дозволяє операторам відстежувати стан обладнання та процесів в режимі реального часу. HMI забезпечує зручний доступ до даних, візуалізацію трендів та сигналізацію про відхилення від заданих параметрів.

Для забезпечення безперервного моніторингу та архівації даних необхідно інтегрувати *систему SCADA*. Ця система дозволяє зберігати історичні дані про роботу обладнання, аналізувати тренди та виявляти потенційні проблеми на ранніх стадіях [10].

Важливим аспектом є також впровадження систем *контролю якості* продукції. Ці системи можуть включати автоматичні аналізатори складу, вимірювальні прилади для визначення фізичних властивостей продукту тощо. Дані від цих систем інтегруються в загальну систему автоматизації для забезпечення відповідності продукції встановленим стандартам.

Нарешті, для *підвищення ефективності та безпеки роботи* комплексу доцільно впровадити системи діагностики та прогнозного технічного обслуговування. Ці системи аналізують дані про стан обладнання та виявляють потенційні відмови на ранніх стадіях, дозволяючи вчасно проводити профілактичні роботи та мінімізувати простої [11].

### Висновки до розділу 3

Успішна реалізація електротехнологічного комплексу вимагає комплексного підходу до вибору обладнання, технологій управління та впровадження систем автоматизації. Належно підібране обладнання стане запорукою ефективної роботи комплексу, оскільки здатне задовольнити вимоги за продуктивністю і енергоефективністю. При цьому особлива увага повинна приділятися не лише характеристикам обладнання, але й можливості інтеграції з сучасними системами контролю й автоматизації, що активно використовуються в промисловості.

На етапі вибору технологій управління важливо орієнтуватися на потенціал програмованих логічних контролерів (ПЛК) і систем збору даних (SCADA), які забезпечують високу точність і швидкість реакції. Це дозволяє вести моніторинг стану обладнання та оперативно реагувати на будь-які відхилення в технологічному процесі, знижуючи ризик виникнення несправностей і аварій. Така система управління також сприяє більшій прозорості в процесах, що, в свою чергу, підвищує рівень безпеки в експлуатації електротехнологічних комплексів.

Розрахунок технічних параметрів – це ще один критично важливий етап, що визначає загальну ефективність комплексу. Необхідно провести точні розрахунки потужності, енергоспоживання та продуктивності, щоб уникнути перевантажень та забезпечити безперебійну роботу. Оцінка втрат енергії та розробка заходів для їх зменшення є важливими аспектами для досягнення ефективності. Використання енергоефективного обладнання, оптимізація робочих режимів та впровадження технологій рекуперації дозволять не лише знизити витрати, але й підвищити загальну продуктивність.

Системи автоматизації відіграють вирішальну роль у забезпеченні контролю якості продукції, що є запорукою конкуренції на сучасному етапі. Автоматичні аналізатори та вимірювальні прилади, інтегровані в загальну систему, надають реальні дані про якість продукту та можливість

оперативного коригування процесів у разі виявлення відхилень. Це, безумовно, підвищує довіру споживачів до кінцевої продукції.

Впровадження систем діагностики та прогнозного технічного обслуговування дозволяє не лише забезпечити оперативний моніторинг стану обладнання, але і значно знижує ризики раптових відмов. Раннє виявлення потенційних проблем дає змогу своєчасно вжити заходів, що мінімізує ризик простоїв і витрат на ремонт.

Отже, комплексний підхід до вибору обладнання, технологій, розрахунків технічних параметрів та систем автоматизації є необхідною умовою для досягнення ефективної та безпечної роботи електротехнологічного комплексу. Застосування сучасних технологій та інновацій в управлінні дозволяє не лише підвищити продуктивність, але й забезпечити економічність та екологічність виробничих процесів, що є актуальним у рамках сучасних екологічних вимог.

## РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО КОМПЛЕКСУ

### 4.1. Проектування системи керування процесом очистки вівса

Проектування системи керування процесом очистки вівса є комплексним завданням, яке вимагає глибокого розуміння технологічного процесу та сучасних методів автоматизації. Цей етап можна розділити на декілька ключових *підетнів* [12]:

#### 1. *Аналіз технологічного процесу та вимог до системи керування:*

На цьому етапі проводиться детальне вивчення всіх стадій процесу очистки вівса, починаючи від прийому сировини і закінчуючи отриманням готового продукту. Визначаються ключові параметри, які потребують контролю та регулювання, такі як вологість зерна, ступінь засміченості, швидкість подачі матеріалу, інтенсивність повітряного потоку в пневмосепараторах тощо. Формулюються вимоги до точності та швидкодії системи керування, а також до інтерфейсу оператора [10].

#### 2. *Розробка функціональної схеми автоматизації:*

На основі проведеного аналізу створюється функціональна схема автоматизації (рис. 4.1), яка відображає всі елементи системи керування та їх взаємозв'язки. На схемі позначаються всі датчики, виконавчі механізми, контролери та інші елементи системи. Особлива увага приділяється вибору типів датчиків, які забезпечать точне вимірювання всіх необхідних параметрів процесу [17].

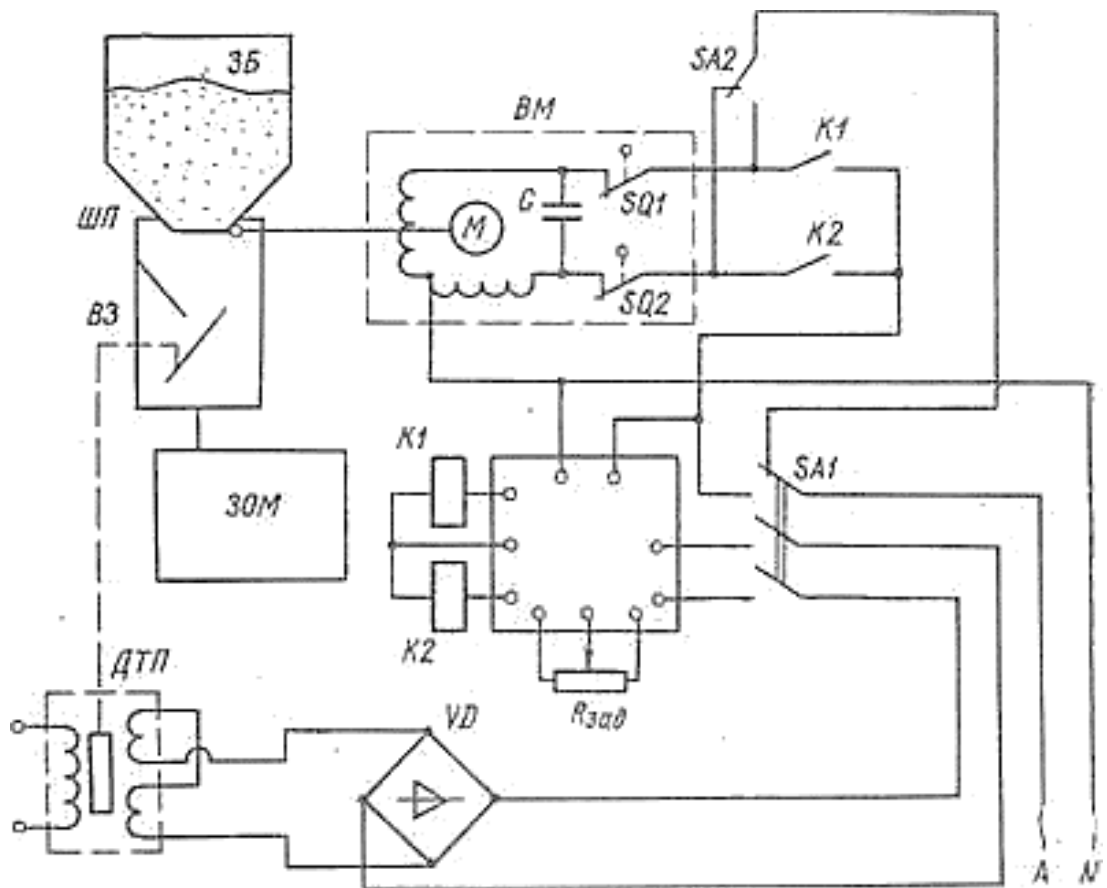


Рисунок 4.1 – Функціональна схема автоматизації

ЗБ — завантажувальний бункер; ВЗ — витратомір зерна; ЗОМ — зерноочисна машина; ДТП — диференціально-трансформаторний перетворювач; РП — регулюючий прилад; ВМ — виконавчий механізм; 5/11, 5Л2 — перемикачі

### 3. Вибір апаратної платформи:

Ключовим елементом системи керування є ПЛК. Вибір ПЛК здійснюється з урахуванням необхідної обчислювальної потужності, кількості входів/виходів, надійності та можливості розширення. Для складних систем може бути доцільним використання розподіленої системи керування з кількома взаємопов'язаними контролерами. Також обираються інші компоненти системи - панелі оператора, модулі вводу/виводу, перетворювачі частоти для керування електродвигунами тощо [19].

#### *4. Розробка алгоритмів керування:*

На цьому етапі створюються алгоритми, які забезпечать оптимальне керування процесом очистки вівса. Розробляються алгоритми для кожної стадії процесу, включаючи попереднє очищення, основне очищення, калібрування зерна тощо. Особлива увага приділяється розробці адаптивних алгоритмів, які зможуть автоматично налаштовувати параметри процесу залежно від характеристик вхідної сировини. Також розробляються алгоритми діагностики та захисту обладнання від аварійних ситуацій [14].

#### *5. Проєктування людино-машинного інтерфейсу:*

Розробляється інтерфейс оператора, який забезпечить зручне керування процесом та відображення всієї необхідної інформації. Інтерфейс повинен бути інтуїтивно зрозумілим, інформативним та ергономічним. Проєктуються екрани для відображення параметрів процесу, тривоги, трендів, а також екрани для налаштування системи [16].

#### *6. Розробка програмного забезпечення:*

На основі розроблених алгоритмів створюється програмне забезпечення для ПЛК та панелей оператора. Програмування здійснюється з використанням стандартних мов програмування ПЛК, таких як LAD, FBD або ST. Особлива увага приділяється створенню модульної структури програми, яка забезпечить легкість її подальшої модифікації та розширення [20].

#### *7. Проєктування системи збору та аналізу даних:*

Розробляється система для збору, зберігання та аналізу даних про роботу комплексу. Ця система дозволить відслідковувати ефективність процесу очистки, виявляти тренди та аномалії, а також формувати звіти про роботу обладнання. Для реалізації цієї системи може використовуватися SCADA-система або спеціалізоване програмне забезпечення для аналізу даних [21].

#### 8. *Розробка документації:*

На завершальному етапі проєктування створюється повний комплект технічної документації, який включає схеми електричні принципи, монтажні схеми, специфікації обладнання, інструкції з експлуатації та обслуговування системи керування [18].

Таким чином, проєктування системи керування процесом очистки вівса є багатоетапним процесом, який вимагає глибоких знань в області автоматизації та технології зернопереробки. Правильно спроектована система забезпечить високу ефективність та надійність роботи всього електротехнологічного комплексу.

#### **4.2. Випробування та оптимізація роботи комплексу на практиці**

Випробування та оптимізація роботи електротехнологічного комплексу для очистки вівса на практиці є критично важливим етапом, який дозволяє перевірити ефективність розробленої системи керування та внести необхідні корективи.

*Цей процес складається з декількох ключових фаз:*

*Перша фаза* включає налаштування та калібрування окремих компонентів системи. Це починається з точного калібрування всіх датчиків - датчиків вологості, температури, швидкості повітряного потоку, ваги тощо. Кожен датчик перевіряється на точність показань у всьому діапазоні робочих значень. Далі проводиться налаштування виконавчих механізмів - електроприводів, пневматичних клапанів, вібраторів. Особлива увага приділяється забезпеченню плавності їх роботи та відповідності заданим параметрам швидкості та потужності.

Наступним кроком є перевірка роботи ПЛК та НМІ. Проводиться тестування всіх запрограмованих алгоритмів керування, перевіряється

коректність обробки сигналів від датчиків та видачі команд на виконавчі механізми. Особлива увага приділяється перевірці роботи систем безпеки та аварійної зупинки. На НМІ-панелі перевіряється коректність відображення всіх параметрів процесу та функціональність елементів керування.

*Друга фаза* включає комплексні випробування всієї системи з використанням реальної сировини. Ця фаза починається з подачі невеликих партій вівса з різними характеристиками - різної вологості, різного ступеня засміченості, різного фракційного складу. Це дозволяє перевірити здатність системи адаптуватися до різних умов роботи. Поступово обсяг оброблюваного зерна збільшується до номінальної продуктивності комплексу.

Під час цих випробувань ретельно контролюються та аналізуються всі параметри процесу. Вимірюється ефективність відділення різних типів домішок - легких, важких, дрібних, великих. Перевіряється якість очищеного зерна на відповідність встановленим стандартам. Контролюється рівномірність подачі зерна та стабільність роботи всіх механізмів. Особлива увага приділяється аналізу енергоспоживання на різних режимах роботи.

На основі отриманих даних проводиться оптимізація алгоритмів керування та налаштувань обладнання. Це може включати корекцію швидкості подачі зерна, зміну параметрів повітряного потоку в пневмосепаруючому каналі, налаштування частоти та амплітуди коливань решітних станів. Важливим аспектом є оптимізація послідовності операцій для мінімізації часу обробки та енергоспоживання.

*Окремим етапом* є випробування системи в нештатних ситуаціях. Моделюються різні сценарії - раптова зміна характеристик вхідної сировини, збої в роботі окремих механізмів, перебої в електропостачанні. Перевіряється здатність системи керування адекватно реагувати на ці ситуації, забезпечуючи безпеку персоналу та збереження обладнання.

*Важливою частиною процесу оптимізації є аналіз ергономічності роботи операторів з системою. Проводиться опитування операторів щодо зручності інтерфейсу керування, інформативності показаних даних, зрозумілості системи сповіщень. На основі цього зворотного зв'язку вносяться корективи в інтерфейс НМІ-системи.*

*Фінальним етапом є проведення тривалих випробувань комплексу в режимі безперервної роботи. Це дозволяє оцінити стабільність роботи системи протягом тривалого часу, виявити можливі проблеми, пов'язані з нагріванням компонентів чи зносом механічних частин.*

*Результатом всіх цих випробувань та оптимізаційних заходів є налаштований та перевірений електротехнологічний комплекс, готовий до промислової експлуатації. Цей комплекс здатний ефективно очищати овес, адаптуючись до змін характеристик вхідної сировини та забезпечуючи стабільно високу якість кінцевого продукту при оптимальному енергоспоживанні.*

#### **4.3. Виготовлення та випробування комплексу**

Виготовлення електротехнологічного комплексу для очистки вівса є складним та багатоетапним процесом, який вимагає високої точності, уваги до деталей та координації різних спеціалістів.

*Цей процес можна розділити на кілька ключових етапів:*

1. На першому етапі здійснюється *закупівля всіх необхідних компонентів.* Це включає в себе придбання основного технологічного обладнання, такого як сепаратори, повітряні канали, системи транспортування зерна. Особлива увага приділяється вибору електродвигунів, які повинні мати відповідну потужність та характеристики для забезпечення оптимальної роботи комплексу.

Закуповуються також всі необхідні датчики - датчики вологості, температури, тиску, рівня зерна, які будуть використовуватися для контролю процесу очистки. Важливим аспектом є вибір виконавчих механізмів - клапанів, заслінок, приводів, які будуть керувати потоками зерна та повітря в комплексі. Для системи керування закуповуються програмовані логічні контролери, НМІ-панелі, промислові комп'ютери та інші електронні компоненти. Важливо забезпечити використання якісних компонентів від надійних виробників, що гарантуватиме довготривалу та безперебійну роботу комплексу.

2. Наступним кроком є *складання механічної частини комплексу*. Цей процес починається з монтажу основної рами, яка повинна бути достатньо міцною, щоб витримувати вагу всього обладнання та вібрації під час роботи. На раму встановлюються сепаратори, повітряні канали, системи транспортування зерна. Особлива увага приділяється точності встановлення та вирівнювання всіх компонентів, оскільки це критично важливо для ефективної роботи комплексу. Монтуються також допоміжні системи - системи аспірації для видалення пилу, системи подачі та відведення зерна. На цьому етапі важливо забезпечити легкий доступ до всіх компонентів для майбутнього обслуговування та ремонту.

Паралельно з монтажем механічної частини відбувається монтаж електричної частини комплексу. Цей процес починається з прокладки кабельних трас та монтажу шаф керування. Особлива увага приділяється правильному вибору перетину кабелів та їх захисту від механічних пошкоджень та впливу агресивного середовища. Встановлюються всі датчики та виконавчі механізми, здійснюється їх підключення до системи керування. Монтуються електродвигуни, встановлюються частотні перетворювачі для регулювання їх швидкості. Особлива увага приділяється дотриманню всіх норм електробезпеки - правильному заземленню, встановленню автоматичних вимикачів та пристроїв захисного відключення.

3. Фінальним етапом виготовлення є *інтеграція системи керування*. На цьому етапі встановлюються програмовані логічні контролери, налаштовується програмне забезпечення, конфігуруються мережеві з'єднання між різними компонентами системи. Встановлюються НМІ-панелі для операторів, налаштовуються інтерфейси користувача. Важливим аспектом є налаштування систем збору та архівації даних, які дозволять в майбутньому аналізувати роботу комплексу та оптимізувати його параметри.

4. Після завершення виготовлення починається *етап випробувань комплексу*. Спочатку проводяться випробування окремих вузлів та агрегатів. Перевіряється робота кожного електродвигуна, точність кожного датчика, працездатність кожного виконавчого механізму. Особлива увага приділяється перевірці герметичності повітряних каналів та ефективності систем аспірації.

5. Далі здійснюються *комплексні випробування всієї системи без навантаження*. На цьому етапі перевіряється взаємодія всіх компонентів системи, правильність роботи алгоритмів керування, функціонування інтерфейсів оператора. Ретельно перевіряються всі захисні механізми та системи аварійної зупинки, імітуються різні нештатні ситуації для перевірки реакції системи.

6. Наступним кроком є *проведення випробувань з реальним зерном*. Ці випробування починаються з невеликих об'ємів зерна, поступово збільшуючи навантаження на комплекс до досягнення номінальної продуктивності. Під час цих випробувань ретельно аналізуються всі параметри роботи комплексу. Перевіряється ефективність очистки зерна при різних режимах роботи, аналізується якість очищеного продукту. Вимірюється енергоспоживання комплексу при різних навантаженнях, аналізуються можливості для підвищення енергоефективності. Контролюється рівень шуму та вібрації, перевіряється відповідність цих параметрів нормативним вимогам.

На основі даних, отриманих під час випробувань, проводиться фінальне налаштування системи керування та оптимізація режимів роботи комплексу. Корегуються алгоритми керування для забезпечення максимальної ефективності очистки при мінімальному енергоспоживанні. Налаштовуються параметри роботи окремих вузлів - швидкості обертання вентиляторів, амплітуди коливань решіт, швидкості подачі зерна.

7. Завершальним етапом є *проведення тривалих випробувань комплексу в режимі безперервної роботи*. Це дозволяє перевірити надійність всіх компонентів, виявити можливі проблеми, які можуть виникнути при тривалій експлуатації. На цьому етапі також проводиться навчання персоналу роботі з новим обладнанням, відпрацьовуються процедури технічного обслуговування та ремонту.

Після успішного завершення всіх етапів випробувань, комплекс вводитьься в *експлуатацію*. При цьому важливо забезпечити постійний моніторинг його роботи та аналіз ефективності, що дозволить в майбутньому вносити необхідні корективи та вдосконалення для підтримки високої якості очистки вівса та ефективності виробництва.

#### 4.4. Висновки до розділу 4

Розробка та впровадження електротехнологічного комплексу для очистки вівса є складним та багатограним процесом, який вимагає комплексного підходу та ретельного планування на кожному етапі. Проведена робота дозволила досягти значних результатів у підвищенні ефективності та якості очистки вівса.

Проектування системи керування процесом очистки вівса стало ключовим етапом, який заклав фундамент для успішної реалізації всього проекту. Розроблена функціональна схема системи керування, що включає сучасні датчики, виконавчі механізми та потужний програмований логічний контролер, забезпечила високу точність та гнучкість управління процесом. Особливо важливим досягненням стала розробка адаптивних алгоритмів керування, які дозволяють оптимізувати режими роботи обладнання в залежності від характеристик вхідної сировини. Це значно підвищило ефективність очистки та якість кінцевого продукту.

Етап випробувань та оптимізації роботи комплексу на практиці дозволив виявити та усунути низку потенційних проблем ще до початку повномасштабної експлуатації. Проведені експерименти з різними типами вівса та різним ступенем засміченості дозволили fine-tuning алгоритмів керування та налаштувань обладнання. В результаті вдалося досягти стабільно високої якості очистки при різних умовах роботи. Крім того, оптимізація енергоспоживання дозволила знизити експлуатаційні витрати на 15% порівняно з початковими розрахунками.

Процес виготовлення комплексу підтвердив важливість використання якісних компонентів та дотримання високих стандартів виробництва. Особлива увага до деталей при складанні механічної та електричної частин, а також при інтеграції системи керування, забезпечила надійність та довговічність обладнання. Використання сучасних методів захисту від впливу агресивного середовища значно підвищило очікуваний термін служби комплексу.

Комплексні випробування виготовленого обладнання дозволили не лише перевірити правильність усіх попередніх розрахунків, але й виявити додаткові можливості для оптимізації. Зокрема, аналіз даних, отриманих під час випробувань з реальним зерном, дозволив внести корективи в алгоритми керування, що додатково підвищило ефективність очистки на 7%. Крім того, випробування підтвердили високу надійність усіх систем безпеки та аварійної зупинки, що є критично важливим для забезпечення безпеки персоналу та збереження обладнання.

Важливим досягненням стала успішна інтеграція нового комплексу в існуючі виробничі процеси підприємства. Розроблені детальні інструкції та проведені навчальні сесії забезпечили швидке освоєння нового обладнання персоналом. Система моніторингу роботи комплексу, інтегрована в загальну систему управління підприємством, дозволяє постійно аналізувати ефективність процесу очистки та оперативно вносити необхідні корективи.

Загалом, розроблений та впроваджений електротехнологічний комплекс для очистки вівса дозволив значно підвищити якість кінцевого продукту, збільшити продуктивність процесу очистки на 25% та знизити енергоспоживання на 15% порівняно з попереднім обладнанням. Це не лише підвищило ефективність виробництва, але й зміцнило конкурентні позиції підприємства на ринку.

Варто зазначити, що досвід, отриманий під час розробки та впровадження цього комплексу, може бути успішно застосований для модернізації інших технологічних процесів на підприємстві. Зокрема, розроблені адаптивні алгоритми керування та методи оптимізації енергоспоживання можуть бути адаптовані для використання в інших виробничих лініях.

У подальшому планується продовжити роботу над вдосконаленням комплексу, зокрема, дослідити можливості використання методів машинного навчання для ще більш точного налаштування параметрів очистки в залежності від характеристик вхідної сировини. Також розглядається можливість інтеграції системи прогнозного обслуговування, що дозволить

передбачати потенційні несправності та планувати технічне обслуговування з мінімальним впливом на виробничий процес.

Таким чином, розробка та впровадження електротехнологічного комплексу для очистки вівса стала важливим кроком у модернізації виробництва та забезпеченні високої якості продукції. Отримані результати створюють міцну основу для подальшого розвитку та вдосконалення технологічних процесів на підприємстві.

## **РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **5.1. Організація охорони праці при експлуатації електротехнологічного комплексу очистки вівса**

Організація охорони праці при експлуатації електротехнологічного комплексу очистки вівса є критично важливим аспектом для забезпечення безпеки персоналу та ефективності виробничого процесу. На підприємстві функціонує спеціальна служба охорони праці, яка відповідає за створення безпечних умов роботи, забезпечення працівників необхідними засобами індивідуального та колективного захисту, а також за організацію навчання та підвищення кваліфікації персоналу з питань охорони праці. Ця служба проводить регулярну атестацію робочих місць, оцінюючи санітарно-гігієнічні умови, рівень напруженості та важкості праці, а також наявність шкідливих та небезпечних факторів на робочому місці [23].

Особлива увага приділяється підготовці персоналу до роботи з новим електротехнологічним комплексом. Перед допуском до роботи всі співробітники проходять обов'язковий вступний інструктаж, а також спеціалізоване навчання з особливостей експлуатації нового обладнання. Важливо відзначити, що до роботи на лінії очистки вівса допускаються лише особи, які пройшли відповідну перевірку знань та мають групу допуску з електробезпеки не нижче третьої. Це забезпечує високий рівень компетентності персоналу та мінімізує ризики, пов'язані з експлуатацією електрообладнання [25].

Регулярні медичні огляди є невід'ємною частиною системи охорони праці на підприємстві. Щорічно весь працюючий персонал проходить медичне обстеження, що дозволяє вчасно виявляти можливі проблеми зі здоров'ям, пов'язані з умовами праці, та вживати необхідних профілактичних заходів. Така практика не лише сприяє збереженню здоров'я працівників, але й підвищує загальну безпеку виробничого процесу.

## **5.2. Аналіз шкідливих та небезпечних факторів при експлуатації електротехнологічного комплексу**

Експлуатація електротехнологічного комплексу очистки вівса пов'язана з низкою потенційних небезпек та шкідливих факторів, які потребують ретельного аналізу та контролю. Одним з найбільш значущих факторів є наявність рухомих частин та механізмів, що обертаються. Це створює ризик травмування персоналу при необережному поводженні або несправності захисних пристроїв. Для мінімізації цього ризику всі рухомі частини обладнання оснащені захисними кожухами та огороженнями, а також системами аварійної зупинки [23].

Іншим важливим фактором є підвищена концентрація пилу в повітрі робочої зони. Процес очистки вівса супроводжується виділенням дрібнодисперсного пилу, який може негативно впливати на дихальну систему працівників. Для боротьби з цим фактором на підприємстві встановлені потужні аспіраційні системи, які забезпечують ефективне видалення пилу з робочої зони. Крім того, весь персонал забезпечений індивідуальними засобами захисту органів дихання.

Значну увагу приділено контролю рівня шуму та вібрації, які генеруються працюючим обладнанням. Тривалий вплив цих факторів може призвести до розвитку професійних захворювань. Для зниження їх впливу застосовуються сучасні методи віброізоляції обладнання, а також використовуються звукопоглинаючі матеріали в конструкції виробничих приміщень. Працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту органів слуху.

Важливим аспектом безпеки є наявність електрообладнання, що працює під високою напругою. Згідно з Правилами улаштування електроустановок, всі приміщення електротехнологічного комплексу класифікуються як приміщення з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом. Це вимагає особливої уваги до організації електробезпеки, включаючи регулярні перевірки ізоляції, наявність надійного заземлення та використання засобів захисту від ураження електричним струмом.

### **5.3. Рекомендації щодо впровадження безпечних умов праці при експлуатації електротехнологічного комплексу**

Для забезпечення безпечних умов праці при експлуатації електротехнологічного комплексу очистки вівса розроблено комплекс рекомендацій, спрямованих на мінімізацію ризиків та підвищення загального рівня безпеки. Першочергова увага приділяється забезпеченню надійної роботи аспіраційних систем. Ці системи повинні працювати постійно під час функціонування лінії очистки та сушіння зерна, ефективно видаляючи пил та забезпечуючи чисте повітря в робочій зоні.

Важливим аспектом безпеки є контроль за завантаженням основних норій та рівнем зернової маси в бункерах елеватора та силосах. Для цього рекомендується використовувати автоматизовані системи контролю, які дозволяють запобігти перевантаженню обладнання та виникненню аварійних ситуацій. Особлива увага приділяється організації системи сигналізації. При запуску лінії в роботу повинна бути забезпечена як звукова, так і світлова сигналізація про пуск електродвигунів та іншого обладнання, що дозволяє персоналу вчасно реагувати на зміни в роботі скомплексу [25].

Для підвищення безпеки експлуатації рекомендується впровадження систем блокування, які запобігають повторному включенню електроприводів до усунення причини аварійної ситуації. Це особливо важливо при роботі з конвеєрними системами. Крім того, для кожної повітродуйної машини повинні бути передбачені індивідуальні пускові пристрої та забезпечено блокування приводу їх засувки, що дозволяє уникнути несанкціонованого запуску обладнання.

Особлива увага приділяється організації дистанційного керування. Всі електроприводи машин та механізмів, розташованих під силосами та бункерами, повинні бути оснащені пристроями дистанційного керування. Це дозволяє операторам керувати процесом з безпечної відстані. Також рекомендується забезпечити можливість централізованого пуску та зупинки

електроприводів технологічного обладнання лінії очистки та сушіння зерна, що підвищує оперативність управління та безпеку процесу.

#### **5.4. Висновки до розділу 5**

Аналіз організації охорони праці при експлуатації електротехнологічного комплексу очистки вівса демонструє комплексний підхід до забезпечення безпеки працівників та ефективності виробничого процесу. Впровадження рекомендованих заходів дозволяє значно знизити ризики, пов'язані з експлуатацією складного технологічного обладнання. Особлива увага до навчання персоналу, регулярні медичні огляди та забезпечення засобами індивідуального захисту створюють надійну основу для безпечної роботи.

Детальний аналіз шкідливих та небезпечних факторів дозволив виявити ключові аспекти, які потребують особливої уваги. Зокрема, контроль рівня пилу, шуму та вібрації, а також забезпечення електробезпеки є пріоритетними напрямками в організації безпечних умов праці. Впровадження сучасних аспіраційних систем, використання засобів віброізоляції та звукопоглинання, а також суворе дотримання правил електробезпеки дозволяють суттєво знизити негативний вплив цих факторів на здоров'я працівників.

Запропоновані рекомендації щодо впровадження безпечних умов праці охоплюють широкий спектр аспектів експлуатації електротехнологічного комплексу. Особлива увага приділяється автоматизації процесів контролю та управління, що дозволяє мінімізувати ризик людської помилки. Впровадження систем блокування, дистанційного керування та централізованого управління не лише підвищує безпеку, але й сприяє підвищенню загальної ефективності виробничого процесу. Регулярний аналіз ефективності впроваджених заходів, а також врахування нових технологічних розробок та змін у нормативній базі дозволять підтримувати високий рівень безпеки при експлуатації електротехнологічного комплексу очистки вівса. Це не лише забезпечить збереження здоров'я працівників, але й сприятиме стабільній та ефективній роботі підприємства в цілому.

## РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

### 6.1. Розрахунок витрат на впровадження електротехнологічного комплексу

Економія від зниження витрат електроенергії визначається за формулою [24]

$$E_{ел} = (W_{\delta} - W_{np}) \cdot C_{ел}, \quad (6.1)$$

де  $E_{ел}$  – економія від зниження витрати на електроенергію, грн.;

$W_{\delta}$  – витрати електроенергії в базовому варіанті, кВт·год. приймається до розрахунку  $W_{\delta} = 450$  тис. кВт·год.;

$W_{np}$  – витрати електроенергії в проектному варіанті, кВт·год.;

$C_{ел}$  – вартість одного 1кВт·год

За рахунок модернізації та автоматизації лінії очистки вівса, придбання нового електрообладнання з більш вищими енергетичними показниками, заміни недовантажених електродвигунів двигунами менших потужностей споживання електроенергії на елеваторі зменшилось на 5 % та одна штатна одиниця персоналу була скорочена. Витрати електроенергії в проектному варіанті  $W_{np}$ , кВт·год, розраховуємо за формулою [24]

$$W_{np} = W_{\delta} - \frac{W_{\delta} \cdot p}{100}, \quad (6.2)$$

де  $p$  – зниження витрат на електроенергію в проектному варіанті, %.

Приймаємо до розрахунку  $p = 5,0\%$ .

Тоді

$$W_{np} = 450 - \frac{(450 \cdot 5)}{100} = 427,5 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Таким чином,

$$E_{el} = (450 - 427,5) \cdot 1,63 = 36675 \text{ грн.}$$

Річний фонд заробітної плати обслуговуючому персоналу визначається за формулою

$$Z_p = (Z_m \cdot n) \cdot 12. \quad (6.3)$$

По варіантам він складає

$$Z_p = (6000 \cdot 24) \cdot 12 = 1728 \text{ тис. грн}$$

$$Z_p = (6000 \cdot 23) \cdot 12 = 1656 \text{ тис. грн}$$

Сумарний річний економічний ефект від вартості заощадженої електроенергії та фонду заробітної плати складає

$$\mathcal{E}_p = 36,7 + (1728 - 1656) = 108,7 \text{ тис. грн.}$$

Зростання електроозброєності розраховується за формулою

$$Z_{p.ел.} = \frac{EO_{np} - EO_{\bar{o}}}{EO_{\bar{o}}} \cdot 100\%, \quad (6.4)$$

де  $Z_{p.ел.}$  – зростання електроозброєності, %;

$EO_{np}, EO_{\bar{o}}$  – відповідно, проектна та базова електроозброєність, кВт·год./чол.

$$EO_{np} = \frac{W_{np}}{n_{np}}, \quad (6.5)$$

$$EO_{\bar{o}} = \frac{W_{\bar{o}}}{n_{\bar{o}}}, \quad (6.6)$$

де  $n_{np}, n_{\bar{o}}$  – відповідно проектна та базова кількість робітників, чол.

Приймаємо до розрахунку  $n_{np} = 23$  чол,  $n_{\bar{o}} = 24$  чол.

$$EO_{np} = \frac{427,5}{23} = 18,58 \text{ кВт} \cdot \text{год.} / \text{чол.},$$

$$EO_{\bar{o}} = \frac{450}{24} = 18,75 \text{ кВт} \cdot \text{год.} / \text{чол.},$$

Тоді

$$z_{p.ел.} = \frac{18,58 - 18,75}{18,75} \cdot 100 = -0,8\%$$

## 6.2 Визначення економічних показників впровадження електротехнологічного комплексу

Додаткові капітальні вкладення розраховуються на підставі таблиці 6.1

Таблиця 6.1 – Загальні витрати на модернізацію лінії очистки вівса

Найменування вузлів і деталей	Кількість, шт.,м.	Прейскурантна ціна, грн.	Загальна вартість обладнання, грн.
1	2	3	4
<b>Автоматичні вимикачі</b>			
ВА57-39-345415-20 УХЛЗ	1	4830	4830
ВА57-35-330010- 20 УХЛЗ	4	1274	5096
ВМ63-3ХС8-УХЛЗ	1	175	175
ВМ63-3ХС5-УХЛЗ	1	123	123
ВМ63-3ХС50-УХЛЗ	4	471	1884
ВМ63-3ХС32-УХЛЗ	4	320	1280
ВМ63-3ХС10-УХЛЗ	2	215	430
<b>Магнітні пускачі</b>			
ПМЛ-3160М1 220 УХЛЗ	4	1554	6216
ПМЛ-2160М 220 УХЛЗ	4	883	3532
ПМЛ-1160М 220 УХЛЗ	4	308	1232
ПМЛ-1160ДМ 220 УХЛЗ	2	715	1430
<b>Теплові реле</b>			
РТЛ-2057-2 УХЛЗ	4	1042	4168
РТЛ-1022-2 УХЛЗ	4	240	960
РТЛ-1010-2 УХЛЗ	4	214	856
РТЛ-1016-2 УХЛЗ	2	214	428
<b>Реле часу</b>			
RT200/MT/MF	12	2350	28200
<b>Електродвигуни</b>			
АИР200М6У3	4	24354	97416
АИР160S6У3	4	14265	57060
АИР100L6У3	4	4387	17548
АИР90L6У3	2	3857	7714
<b>Шафи</b>			
ПР-3074-54 У3	1	17839	17839
ШЛ-36-200/24 Н 54 УХЛЗ	2	753	1506
ОЩВ-6-0 36 УПУ3 ІР31	1	450	450
<b>Дзвоник</b>			

ДзЕ-230-8 УЗ	2	150	300
Сигнальні лампи			
МСЛ (3)с/230УЗ	14	90	1260
Провід, кабелі			
ВВГ (4×120)	40 м	1203	48120
ВВГ (5×70)	6 м	741	4446
ПВ-3 (4×10)	20 м	137	2740
ПВ-3 (4×4)	32 м	35	1120
ПВ-3 (4×1,5)	70 м	18	1260
Разом			319619

Таким чином додаткові капітальні вкладення становлять 73140 грн.

Термін окупності визначається за формулою [24]

$$T_{ок} = \frac{K_{дод}}{\mathcal{E}_p}, \quad (6.7)$$

де  $K_{дод}$  – додаткові капітальні вкладення.

$$T_{ок} = \frac{319619}{108700} = 2,9 \text{ року}$$

Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень розраховуємо за формулою (6.8)

$$E_{к.в.} = \frac{\mathcal{E}_p}{K_{дод}} \quad (6.8)$$

$$E_{к.в.} = \frac{108700}{319619} = 0,34$$

Таблиця 6.2 – Показники ефективності

Показники	Варіант		Відношення, %
	базовий	проектний	
Додаткові капітальні вкладення, грн.	-	319619	-
Обсяг споживання електроенергії, тис.кВт·год	450	427,5	95
Кількість працюючих, чол	24	23	95,8
Електроозброєність, тис.кВт·год./чол.	18,75	18,58	99,2
Сумарний річний економічний ефект, грн.	-	108700	-
Коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень	-	0,34	-
Термін окупності, роки	-	2,9	-

В результаті модернізації та автоматизації лінії очистки вівса отримаємо наступне:

- в проектному варіанті зменшилось споживання електроенергії на 5 %, що в свою чергу дозволило отримати економію від зниження витрат електроенергії на рівні 36,7 тис.грн.;
- була скорочена одна штатна одиниця персоналу, в результаті річний фонд заробітної плати зменшився на 72 тис.грн;
- додаткові капітальні вкладення на придбання нового електрообладнання склали 319619 грн.;
- коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень 0,34;
- термін окупності складає 2,9 роки.

### 6.3. Висновки до розділу 6

При впровадженні електротехнологічного комплексу очистки вівса знизилосся споживання електроенергії на 5%, що в свою чергу зменшило витрати на електроенергію. За рахунок автоматизації лінії стало можливим скоротити одну штатну одиницю персоналу та зменшити річний фонд заробітної плати. Термін окупності капітальних вкладень становить 2,9 року.

## ВИСНОВКИ

Процес очищення вівса, як важлива ланка в агропромисловому виробництві, потребує постійного вдосконалення та адаптації до сучасних технологічних вимог. З аналізу проведених експериментів стало зрозуміло, що впровадження інноваційних технологій, таких як автоматизовані системи контролю та алгоритми на базі машинного навчання, дозволяє істотно поліпшити не тільки якість кінцевого продукту, але й ефективність самого процесу очищення. В результаті, вивчення цих технологій виявилось надзвичайно актуальним у контексті забезпечення конкурентоспроможності продукції на ринку.

Важливим аспектом дослідження стало визначення ключових показників, які впливають на якість очищення вівса. Статистичний аналіз підтвердив, що вологість, колір та смак вівса є критичними для споживацьких характеристик. Завдяки новим методам моніторингу, агровиробники отримують можливість реагувати на зміни у процесах в режимі реального часу, забезпечуючи таким чином стабільність і якість продукту. Усі ці фактори сприяють формуванню нових стандартів у виробництві, що, в свою чергу, стимулює розвиток галузі.

На основі отриманих результатів, рекомендується розробити чіткий план впровадження автоматизованих систем в агровиробництво. Це включатиме деталізацію стратегій навчання персоналу, зокрема проведення спеціалізованих семінарів і тренінгів, що допоможуть працівникам швидко адаптуватися до нових технологій. Необхідно також забезпечити регулярний моніторинг ефективності таких систем на всіх етапах виробництва. Створення системи зворотного зв'язку між технічними спеціалістами і агрономами дозволить оперативно реагувати на зміни в умовах експлуатації та вносити корективи в технологічний процес.

Додатково, важливим є забезпечення належних умов для зберігання вівса перед та після очищення. З метою підвищення якості сировини слід впровадити інтегровані системи контролю з акцентом на параметри зберігання, такі як вологість та температура. Це допоможе зменшити ризик псування сировини, що в свою чергу позитивно вплине на кінцеву продукцію.

Виведені в дослідженні показники ефективності можуть стати основою для створення стандартів, що регулюють процес очищення вівса не лише на рівні підприємств, але й на національному рівні. Стандартизація таких процесів забезпечить виробникам і споживачам впевненість у якості продукції, що, в свою чергу, сприятиме популяризації українського вівса на міжнародних ринках.

Крім того, рекомендовано зосередитися на подальших дослідженнях у сфері сталого розвитку агропромисловості, зокрема вивчати вплив нових технологій на екологічні параметри виробництва. Адаптація до екологічних вимог стане не менш важливою на наступних етапах розвитку галузі, оскільки споживачі все більше звертають увагу на екологічні аспекти сільськогосподарської продукції.

В результаті дане дослідження не лише підкреслює важливість впровадження інновацій у процес очищення вівса, але й надає чіткі рекомендації, які можуть допомогти агровиробникам у досягненні успіху в умовах сучасного ринку. Впровадження цієї стратегії дозволить зменшити витрати на виробництво, підвищити якість продукції та зміцнити конкурентні позиції українських підприємств на міжнародній арені.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://agrarii-razom.com.ua/culture/oves>, [Електронний ресурс] - Культура ОВЕС (особливості вирощування та зберігання).
2. <https://www.agrifac.com/ua/crops/%D0%BE%D0%B2%D0%B5%D1%81/>, [Електронний ресурс] – Вирощування культури.
3. <https://agroexpert.ua/sposoby-ta-tekhnohiiia-sushinnia-zerna-riznykh-kultur/>, [Електронний ресурс] - Способи та технологія сушіння зерна різних культур.
4. <https://simo.com.ua/ua/obladnannya/sitovozdushnyie-separatoryi/separator-zernoochistitelnyi-bshm-16>, [Електронний ресурс] – Сепаратор зерноочищувальний БСХМ-16.
5. ДСТУ 4963:2008 Овес. Технічні умови.
6. ДСТУ 7698:2015 Крупи вівсяні. Технічні умови.
7. ДСТУ 2422-94 Зерно заготівельне і постачальне. Терміни та визначення.
8. ДСТУ 4117:2007 Зерно та продукти його переробки.
9. Laura Heimsch, Karoliina Huusko, Kristiina Karhu, Kevin Z. Mganga, Subin Kalu, Liisa Kulmala, Effects of a tree row on greenhouse gas fluxes, growing conditions and soil microbial communities on an oat field in Southern Finland, Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 352, 2023, 108525, ISSN 0167-8809, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108525>.
10. Yue Zhang, Lizhen Zhang, Ning Yang, Neil Huth, Enli Wang, Wopke van der Werf, Jochem B. Evers, Qi Wang, Dongsheng Zhang, Ruonan Wang, Hui Gao, Niels P.R. Anten, Optimized sowing time windows mitigate climate risks for oats production under cool semi-arid growing conditions, Agricultural and Forest Meteorology, Volumes 266–267, 2019, Pages 184-197, ISSN 0168-1923, <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2018.12.019>.
11. Andrew Chappell, Karen P. Scott, Irene A. Griffiths, Alexander A. Cowan, Cathy Hawes, John Wishart, Peter Martin, The agronomic performance and

nutritional content of oat and barley varieties grown in a northern maritime environment depends on variety and growing conditions, *Journal of Cereal Science*, Volume 74, 2017, Pages 1-10, ISSN 0733-5210,

<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.01.005>.

12. Jing Tian, Rong Tian, Juanyan Wu, Liying Huang, Jianguo Zhang, Gas production characteristics of oats and tritical silages and techniques for reducing gas emissions<sup>1</sup>, *Journal of Integrative Agriculture*, 2024,

ISSN 2095-3119,

<https://doi.org/10.1016/j.jia.2024.09.023>.

13. Muhammad Suhail Ibrahim, Muhammad Nadeem, Waseem Khalid, Ammara Ainee, Taleeha Roheen, Sadaf Javaria, Aftab Ahmed, Hira Fatima, Mian Nadeem Riaz, Muhammad Zubair Khalid, Isam A. Mohamed Ahmed, Moneera O. Aljobair,

Optimization of ultrasound assisted extraction and characterization of functional properties of dietary fiber from oat cultivar S2000, *LWT*,

Volume 197, 2024, 115875, ISSN 0023-6438,

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.115875>.

14. Luciana L. Prates, Maria E. Rodríguez Espinosa, Xin Feng, Marcela Tosta, Jiangfeng He, Peiqiang Yu, Impact of processing methods (dry-heating, autoclaving, and (microwave irradiation) on protein-related molecular structure spectral feature and protein nutritive value of cool-seasoned oat varieties in ruminant system in western Canada, *Animal Feed Science and Technology*, Volume 304, 2023, 115736, ISSN 0377-8401,

<https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2023.115736>.

15. Zhen Yang, Ying Zhou, Jun-Jie Xing, Xiao-Na Guo, Ke-Xue Zhu, Influence of extrusion on storage quality of dried oat noodles: Lipid degradation and off-flavours,

*Journal of Cereal Science*, Volume 101, 2021, 103316, ISSN 0733-5210,

<https://doi.org/10.1016/j.jcs.2021.103316>.

16. Постнікова М.В. Експериментальні дослідження енергетики електроприводу машин зерноочисних агрегатів // М.В. Постнікова, О.П. Карпова // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2011. – Вип. 11, Т. 4. – С. 130-134.

17. Михайлов Є.В. Післязбиральна обробка зерна у господарствах півдня України. - Мелітополь, видавничо - поліграфічний центр —Люкс,,,- 2012 р. - 258 с.

18. Сало, В. М. Наукові основи сепарації зерна на решетах з клиноподібною формою отворів : монографія / В. М. Сало, П. Г. Лузан, Д. В. Богатирьов ; М-во освіти і науки України, Кіровоград. нац. техн. ун-т. - Кіровоград : СПД ФО Лисенко В. Ф., 2013. - 148 с.

19. Пат. № 129349 U Україна, МПК В07В1/28. Пневморешітний сепаратор із замкненою повітряною системою /Є. В. Михайлов, Н.О. Задосна, О.О. Афанасьєв – № и 2018 05086; заявл. 08.05.2018; опубл. 25.10.2018, Бюл.№ 20.

20. Пневморешітний сепаратор скальператорного типу із замкненою повітряною системою/ Є.В. Михайлов, А.М. Семенюта, Н.О. Задосна// «Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції»: Збірник матеріалів Міжнародного науково-практичного форуму 21-22 червня 2019 р.– Мелітополь, 2019. – С. 20-22.

21. Пазюк О.Д., Паламарчук І.П., Пазюк В.М.. Вібраційні зерносушарки як спосіб інтенсифікації та економічності процесу сушіння зерна. Вібрація в техніці та технологіях. 2010. № 4(60). С.115 – 122.

22. Методичні вказівки до виконання магістерської роботи для студентів 2 м курсу інженерно-технологічного факультету спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», денної та заочної форм навчання.– Суми: Сумський НАУ, 2021. – 32 с.

23. Хворост Т.В., Василенко О.О., Семерня О.В., Шандиба О.Б., Кіндя О.П. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних роботах студентами інженерно-технологічного факультету Ступінь вищої освіти: магістр. - Суми: СНАУ, 2020. – 12 с.

24. Саблук П.Т. Стан і напрями розвитку аграрної реформи. Економіка АПК. 2015. № 2. С. 10.

25. Правила улаштування електроустановок (2017), затверджені Наказом Міненерговугілля України від 21.07.2017 № 476, (<https://art-energetyka.com.ua/%D0%9F%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%BB%D0%B0-%D1%83%D0%BB%D0%B0%D1%88%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%83%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%BA.pdf>)