

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

**До захисту
Допускається
Завідувач кафедри**

Чепіжний А.В.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Реконструкція системи електрифікації зернопереробного цеху
ТОВ «Плант Агро» Сумського району Сумської області з розробкою
автоматизованої системи керування насіннеочисною машиною»

Виконала:

(підпис)

Погуляка В. В.

(Прізвище, ініціали)

Група:

ГЕЕ 2201 с.т.

(Науковий) керівник:

(підпис)

Вольвач Т. С.

(Прізвище, ініціали)

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

Кафедра енергетики та електротехнічних систем

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
енергетики та електротехнічних систем

Чепіжний А.В.

“__” _____ 202_ року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Погуляці Вікторії Вікторівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Реконструкція системи електрифікації зернопереробного цеху ТОВ «Плант Агро» Сумського району Сумської області з розробкою автоматизованої системи керування насіннеочисною машиною»,

керівник роботи: асистент Вольвач Тетяна Сергіївна

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “09” грудня 2024 року № 4057/ос

2. Строк подання здобувачем роботи: “23” травня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: матеріали обстеження об'єкту, технічна література, нормативна документація, державні стандарти.

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

Вступ

1. Аналіз виробничо-господарської діяльності

2. Технологічна частина

3. Розрахунок та вибір силового електрообладнання

4. Розробка автоматизованої системи керування процесом очищення насіння

5. Розробка внутрішньої цехової силової електричної мережі зернопереробного пункту

6. Охорона праці

7. Екологічна експертиза

8. Економічне обґрунтування

Висновки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Зернообробний цех. Технологічне та електросилове обладнання. Схема електрична розташування.

2. Зернообробний цех. Мережа розподільча електросилова. Схема електрична принципова.

3. Зернообробний цех. Система очищення зерна автоматизована. Схема електрична принципова.

4. Зернообробний цех. Система очищення зерна автоматизована. Шафа керування. Схема електрична з'єднань.

5. Зернообробний цех. Система очищення зерна автоматизована. Схема електрична підключень.

6. Показники техніко-економічні. Таблиця.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Економічне обґрунтування			
Нормоконтроль			

7. Дата видачі завдання: “04” вересня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Збір інформації про діяльність господарства	09.09.2024 р. – 13.09.2024 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	16.09.2024 р. – 15.11.2024 р.	
3.	Складання плану роботи	18.11.2024 р. – 22.11.2024 р.	
4.	Написання вступу	25.11.2024 р. – 29.11.2024 р.	
5.	Підготовка розділу 1 та 2	02.12.2024 р. – 27.12.2024 р.	
6.	Підготовка розділу 3 та 4. Підготовка листів 1 та 2 графічної частини.	03.02.2025 р. – 28.02.2025 р.	
7.	Підготовка розділу 5 та 6. Підготовка листів 3 та 4 графічної частини.	03.03.2025 р. – 28.03.2025 р.	
8.	Підготовка розділів 7 та 8. Підготовка листів 5 та 6 графічної частини.	31.03.2025 р. – 02.05.2025 р.	
9.	Написання висновків	05.05.2025 р. – 09.05.2025 р.	
10.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 15.05.2025 р.	
11.	Подання роботи на рецензування	до 23.05.2025 р.	
12.	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2025 р.	

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Погуляка В. В.
(прізвище та ініціали)

Керівник
кваліфікаційної роботи _____
(підпис)

Вольвач Т. С.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Погуляка Вікторія Вікторівна. Реконструкція системи електрифікації зернопереробного цеху ТОВ «Плант Агро» Сумського району Сумської області з розробкою автоматизованої системи керування насіннеочисною машиною.

Кваліфікаційна робота на здобуття бакалавра за освітньою програмою «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

Кваліфікаційна робота присвячена реконструкції системи електрифікації зернопереробного цеху ТОВ «Плант Агро» із розробкою автоматизованої системи керування насіннеочисною машиною. Метою роботи є підвищення надійності, безпеки та ефективності електропостачання виробничих процесів, а також оптимізація технологічного циклу очищення насіння шляхом впровадження сучасних автоматизованих рішень.

У ході роботи проведено детальний аналіз виробничо-господарської діяльності підприємства, описано технологічні процеси зернопереробного пункту та оцінено існуючий стан системи електрифікації. Виявлено ключові недоліки, серед яких застарілість обладнання, недостатній рівень автоматизації та неналежна організація електропостачання, що негативно впливало на продуктивність та безпеку роботи цеху.

На основі технологічних особливостей очищення насіння та характеристик виробничих приміщень сформульовані технічні вимоги до оновленої системи електрифікації. Проведено розрахунки і вибір силового обладнання з урахуванням потреб виробництва, що забезпечило надійну роботу електроприводів та іншого технологічного устаткування. Розроблено електричні схеми, які логічно структурували розташування обладнання та підключення, що сприяло підвищенню надійності та зручності монтажу.

Автоматизовану систему керування розроблено з визначенням ключових параметрів, що підлягали контролю та регулюванню, а також створенням схем керування процесом очищення насіння. Це дозволило знизити вплив людського фактору, підвищити точність і стабільність технологічного процесу, а також забезпечити своєчасний захист обладнання від можливих аварійних режимів.

Розробка внутрішньої цехової силової електричної мережі включала вибір оптимальних схем живлення, розрахунок струмів ділянок мережі, підбір захисних пристроїв і вибір кабельних провідників відповідного перерізу. Це забезпечило безпечну, енергоефективну та надійну роботу електричної мережі в межах виробничого цеху.

Особливу увагу було приділено питанням охорони праці та екології, що гарантувало створення безпечних умов роботи для персоналу та мінімізацію впливу виробничої діяльності на навколишнє середовище. Економічне обґрунтування підтвердило доцільність реалізації запропонованих заходів з урахуванням підвищення продуктивності та зниження експлуатаційних витрат.

Ключові слова: зернопереробний цех, автоматизована система керування, насіннеочисна машина, електропостачання, силове обладнання, електричні схеми, автоматизація, охорона праці, екологія, економічне обґрунтування, надійність, ефективність, промислове виробництво.

ABSTRACT

Pohuliaka Viktoriia Viktorivna. Reconstruction of the Electrification System of the Grain Processing Workshop at Plant Agro LLC, Sumy District, Sumy Region with the Development of an Automated Control System for the Seed Cleaning Machine.

Qualification work for a bachelor's degree in the educational programme “Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics” in the speciality 141 “Electric Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics”. Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

Qualification work is dedicated to the reconstruction of the electrification system of the grain processing workshop at Plant Agro LLC, with the development of an automated control system for the seed cleaning machine. The aim of the work is to improve the reliability, safety, and efficiency of power supply for production processes, as well as to optimize the technological cycle of seed cleaning by implementing modern automated solutions.

During the work, a detailed analysis of the enterprise’s production and economic activities was conducted, technological processes of the grain processing unit were described, and the existing state of the electrification system was assessed. Key shortcomings were identified, including outdated equipment, insufficient level of automation, and improper organization of power supply, which negatively affected productivity and safety of the workshop’s operation.

Based on the technological features of seed cleaning and the characteristics of the production premises, technical requirements for the upgraded electrification system were formulated. Calculations and selection of power equipment were carried out considering the production needs, ensuring reliable operation of electric drives and other technological equipment. Electrical diagrams were developed, logically structuring the placement and connection of equipment, contributing to increased reliability and ease of installation.

The automated control system was developed by defining key parameters to be monitored and regulated, as well as creating control schemes for the seed cleaning process. This allowed for reducing the influence of human factors, improving the accuracy and stability of the technological process, and providing timely protection of equipment from possible emergency conditions.

The design of the internal workshop power electrical network included the selection of optimal power supply schemes, calculation of network section currents, selection of protective devices, and choosing cable conductors with appropriate cross-sections. This ensured safe, energy-efficient, and reliable operation of the electrical network within the production workshop.

Special attention was paid to occupational safety and environmental protection issues, guaranteeing safe working conditions for personnel and minimizing the impact of production activities on the environment. Economic justification confirmed the feasibility of implementing the proposed measures, taking into account increased productivity and reduced operating costs.

Keywords: grain processing workshop, automated control system, seed cleaning machine, power supply, power equipment, electrical diagrams, automation, occupational safety, environmental protection, economic justification, reliability, efficiency, industrial production.

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	11
1.1. Загальна характеристики діяльності підприємства	11
1.2. Опис виробничої діяльності зернопереробного пункту.....	13
1.3. Аналіз стану системи електрифікації.....	14
1.4. Висновки та пропозиції.....	15
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	16
2.1. Технологія очищення насіння	16
2.2. Опис виробничих приміщень зернопереробного пункту.....	17
2.3. Паспортні дані технологічного обладнання	18
2.4. Технологічні вимоги до системи електрифікації.....	20
3. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ	21
3.1. Основні вимоги до силового електричного обладнання системи очищення насіння	21
3.2. Перевірочний розрахунок електроприводів	22
3.3. Розробка електричної схеми розташування обладнання	25
4. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ	27
4.1. Визначення параметрів, що підлягають контролю та регулюванню	27
4.2. Технологічні вимоги до системи автоматизації	27
4.3. Розробка електричної принципової схеми керування процесом очищення насіння	28
4.4. Розробка електричної схеми з'єднань.....	29
4.5. Розробка електричної схеми підключень.....	30

5. РОЗРОБКА ВНУТРИШНЬОЇ ЦЕХОВОЇ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ЗЕРНОПЕРЕРОБНОГО ПУНКТУ	31
5.1. Вибір схеми живлення обладнання	31
5.2. Розрахунок струмів ділянок мережі	31
5.3. Вибір автоматичних вимикачів	32
5.4. Вибір магнітних пускачів та електротеплових реле.....	33
5.5. Вибір провідників.....	35
6. ОХОРОНА ПРАЦІ	36
7. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА	40
8. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ	42
ВИСНОВКИ	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47
ДОДАТКИ	50

ВСТУП

Сучасний агропромисловий комплекс України стрімко розвивається, що зумовлює потребу у вдосконаленні технологічного обладнання та інженерної інфраструктури підприємств. Одним із ключових напрямів підвищення ефективності агровиробництва є автоматизація виробничих процесів та модернізація систем енергозабезпечення. Особливу увагу привертають об'єкти первинної обробки та зберігання сільськогосподарської продукції, зокрема зернопереробні цехи, де якість та надійність електропостачання напряму впливають на продуктивність і безперервність технологічного процесу.

ТОВ «Плант Агро» Сумського району Сумської області є підприємством, що спеціалізується на післязбиральній обробці зерна, включаючи його очищення, сушіння та зберігання. В умовах зростання обсягів виробництва виникла необхідність у реконструкції застарілої системи електрифікації зернопереробного цеху, а також у впровадженні сучасної автоматизованої системи керування процесом очищення насіння.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка технічного рішення з реконструкції системи електропостачання та впровадження автоматизованої системи керування технологічною лінією очищення насіння. У межах роботи буде здійснено аналіз існуючої електричної системи, запропоновано сучасне енергоефективне обладнання, розроблено схеми електропостачання та автоматики, а також виконано техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень.

Реалізація запропонованих рішень дозволить підвищити надійність роботи обладнання, знизити енергоспоживання, поліпшити якість очищення зерна та забезпечити більший рівень автоматизації і контролю на виробництві.

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

1.1. Загальна характеристики діяльності підприємства

ТОВ «ПЛАНТ АГРО» – сільськогосподарське підприємство, що функціонує на території Сумського району Сумської області та спеціалізується на вирощуванні основних польових культур. Земельний фонд господарства становить близько 500 гектарів. Підприємство активно впроваджує інноваційні технології у виробництво, зокрема в напрямку післязбиральної доробки зерна.

Основні види діяльності ТОВ «Плант Агро»:

- вирощування зернових і технічних культур (пшениця, кукурудза, соняшник, соя);
- первинна очистка, сушіння та зберігання зерна;
- насінництво та реалізація продукції;
- удосконалення інфраструктури та енергозабезпечення зернопереробного комплексу;
- впровадження автоматизованих систем керування в технологічних процесах.

ТОВ «ПЛАНТ АГРО» має зернопереробний цех, обладнаний для очищення, калібрування та підготовки насіння. Підвищення енергоефективності та модернізація систем керування є актуальними завданнями для забезпечення стабільної якості продукції.

Урожайність основних сільськогосподарських культур, що вирощуються на полях підприємства протягом останніх трьох років, наведено в таблиці 1.1. та рис. 1.1. Показники вказано у центнерах з гектара (ц/га) та дещо перевищують середньорегіональні значення, що свідчить про ефективне управління агротехнологічними процесами.

Таблиця 1.1. – Аналіз урожайності сільськогосподарських культур

Культура	2022 рік (ц/га)	2023 рік (ц/га)	2024 рік (ц/га)
Кукурудза	92,4	97,1	95,6
Соняшник	27,8	29,3	28,9
Соя	23,5	24,7	25,2
Пшениця	53,6	56,2	55,1

Підприємство досягає стабільно високих результатів завдяки раціональному використанню ресурсів, точному дотриманню сівозміни, систематичному моніторингу стану посівів і сучасному підходу до технічного обслуговування машинно-тракторного парку.

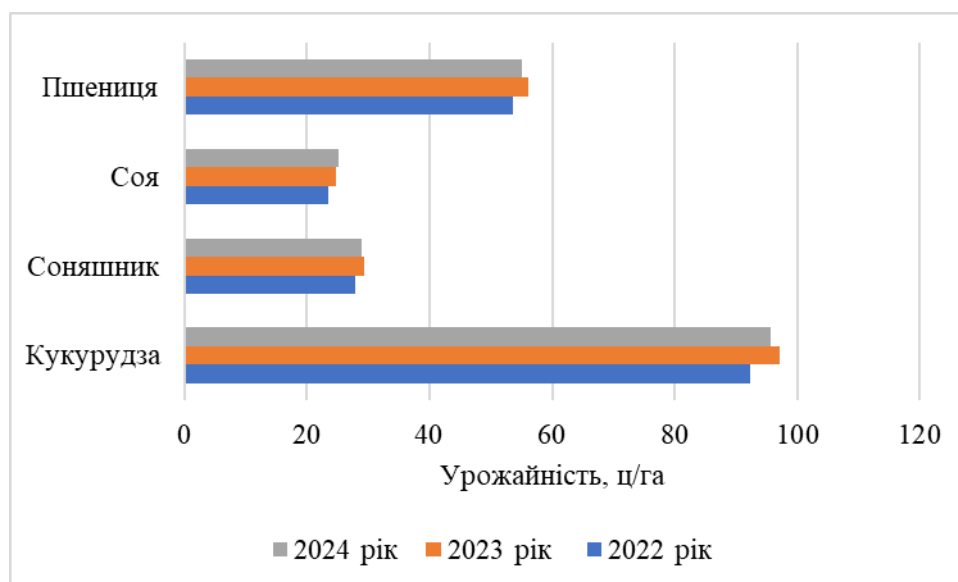


Рис. 1.1. Урожайність основних культур ТОВ «ПЛАНТ АГРО» за 2022-2024 рр.

Аналіз урожайності основних культур ТОВ «ПЛАНТ АГРО» за 2022–2024 роки свідчить про стабільно високі аграрні результати. Кукурудза демонструє найвищу врожайність (від 92,4 до 97,1 ц/га), що перевищує середньорегіональні показники, із незначним зниженням у 2024 році. Соняшник і соя показують поступове зростання врожайності, відповідно до 28,9 ц/га та 25,2 ц/га у 2024 році, що також вище середнього по регіону. Пшениця утримує

врожайність на рівні 53,6–56,2 ц/га, демонструючи стабільність навіть за умов незначних річних коливань. Сукупність цих даних свідчить про високий рівень технологічного забезпечення, дотримання агротехнічних вимог та ефективне управління виробничими процесами, що є передумовою для подальшої автоматизації, зокрема в напрямку модернізації систем керування у зернопереробному цеху.

1.2. Опис виробничої діяльності зернопереробного пункту

Зернопереробний пункт ТОВ «ПЛАНТ АГРО» є важливою складовою технологічного ланцюга післязбиральної обробки зернових і технічних культур. Основна мета його діяльності полягає у забезпеченні якісної очистки, сушіння, калібрування та зберігання зерна, підготовленого як для реалізації, так і для використання у насінницьких цілях. Пункт функціонує на базі сучасного технологічного обладнання та забезпечує безперервну обробку продукції з власних полів підприємства, що дає змогу контролювати якість на всіх етапах.

Виробничий процес включає приймання зерна з поля, його первинне очищення від домішок, подальше сушіння до нормативної вологості, тонке очищення (калібрування за фракцією та масою), протруювання (у разі підготовки насіння) та транспортування в складські ємності. Усі етапи супроводжуються контролем якості, який здійснюється за допомогою лабораторного обладнання. Завдяки наявності власного вагового комплексу, елеваторних потужностей та механізованих транспортних ліній, зернопереробний пункт здатен обробляти значні обсяги продукції в стислі терміни, що особливо важливо в період пікових навантажень під час жнив.

Завдяки гнучкій організації логістики і впровадженню автоматизованих систем керування, підприємство має змогу ефективно управляти ресурсами, зменшити втрати продукції та підвищити загальну рентабельність виробництва. У перспективі заплановано модернізацію системи електрифікації та інтеграцію цифрових рішень, що дозволить повністю автоматизувати процес очищення

зерна, забезпечити енергоефективність та стабільну роботу обладнання в режимі цілодобової експлуатації.

1.3. Аналіз стану системи електрифікації

Система електрифікації зернопереробного пункту ТОВ «ПЛАНТ АГРО» забезпечує енергоживлення технологічного обладнання, яке виконує основні процеси: транспортування, очищення, сушіння та зберігання зерна. Приєднана електрична потужність об'єкта становить 502 кВт, що є типовим показником для середньої зернопереробної дільниці. Протягом 2024 року загальне споживання електроенергії склало 450 тис. кВт·год, із характерним сезонним коливанням (рис. 1.2.): найбільші обсяги споживання припадають на IV квартал (165 тис. кВт·год), що пов'язано з піковим навантаженням у період активної післязбиральної доробки врожаю. Найменше навантаження фіксувалося у II кварталі (60 тис. кВт·год), що є міжсезонним періодом.

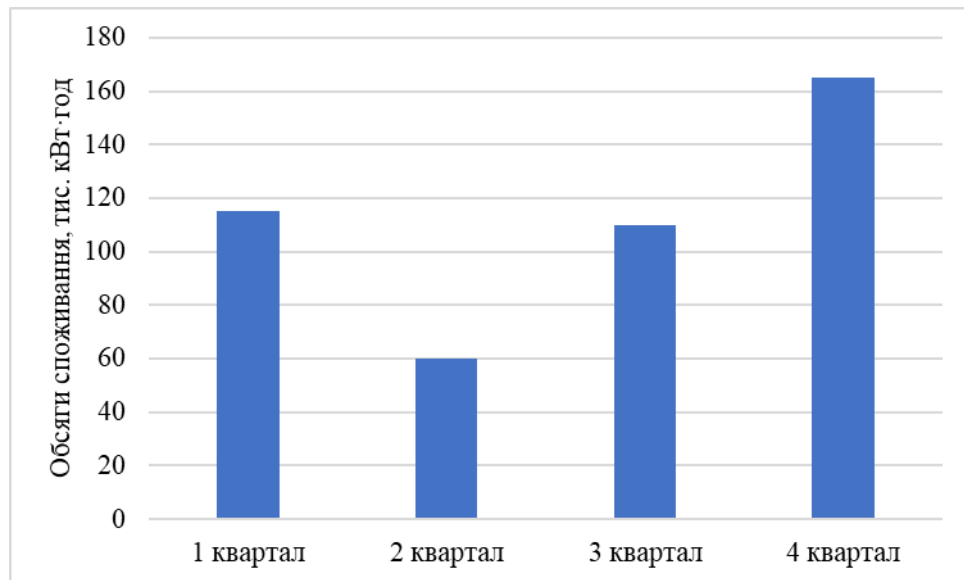


Рис. 1.2. Аналіз споживання електроенергії зернопереробним пунктом за 2024 рік

В існуючій електромережі застосовуються силові кабельні лінії типу АВВГ (алюмінієвий провід з вініловою ізоляцією, без броні), що живлять

електродвигуни очисних машин, вентиляторів сушильних установок і конвеєрів. Частина ліній була прокладена понад 10 років тому, без резерву потужності, що обмежує можливість підключення нових енергоспоживачів.

Пуско-захисна апаратура представлена переважно магнітними пускачами серій ПМ12 (на струми до 63 А) та автоматичними вимикачами типу А3794 і ВА47-100. Частина пристроїв морально і фізично застаріла – відсутній візуальний контроль параметрів струму, недостатня чутливість захисту, що призводить до перевантаження мереж в умовах пікових запусків. У низці випадків спостерігається локальне перегрівання кабельних трас, особливо в районі сушарки та блоків транспортерів, що свідчить про необхідність оптимізації системи електроживлення.

1.4. Висновки та пропозиції

Зважаючи на вищевикладене, діюча система електропостачання не відповідає сучасним вимогам до енергоефективності, надійності та автоматизації технологічних процесів. Відсутність резервування та обмежена керованість мережі обмежують можливості для модернізації, зокрема впровадження автоматизованої системи керування очисткою зерна.

У зв'язку з цим необхідно провести реконструкцію електросистеми із заміною провідників на сучасні мідні ВВГнг-LS відповідного перерізу, впровадженням сучасних пристроїв захисту, монтажем щитів з контролерами та реле часу для гнучкого управління режимами роботи обладнання. Це дозволить не лише покращити енергетичну безпеку підприємства, а й створить технічну базу для автоматизації критичних етапів очищення та доробки зерна.

Основну увагу в роботі буде приділено розробці схеми автоматизованого керування системою очищення насіння. Це дозволить значно підвищити ефективність та точність процесу очищення, знизити людський фактор і витрати на обслуговування, а також забезпечити стабільно високу якість насіння.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Технологія очищення насіння

Технологія очищення насіння включає кілька послідовних етапів, що забезпечують якісну підготовку зерна для подальшого використання або зберігання. Технологічна схеми системи очищення зернових на зернопереробному пункті ТОВ «ПЛАНТ АГРО» показано на рис. 2.1 [1-4].

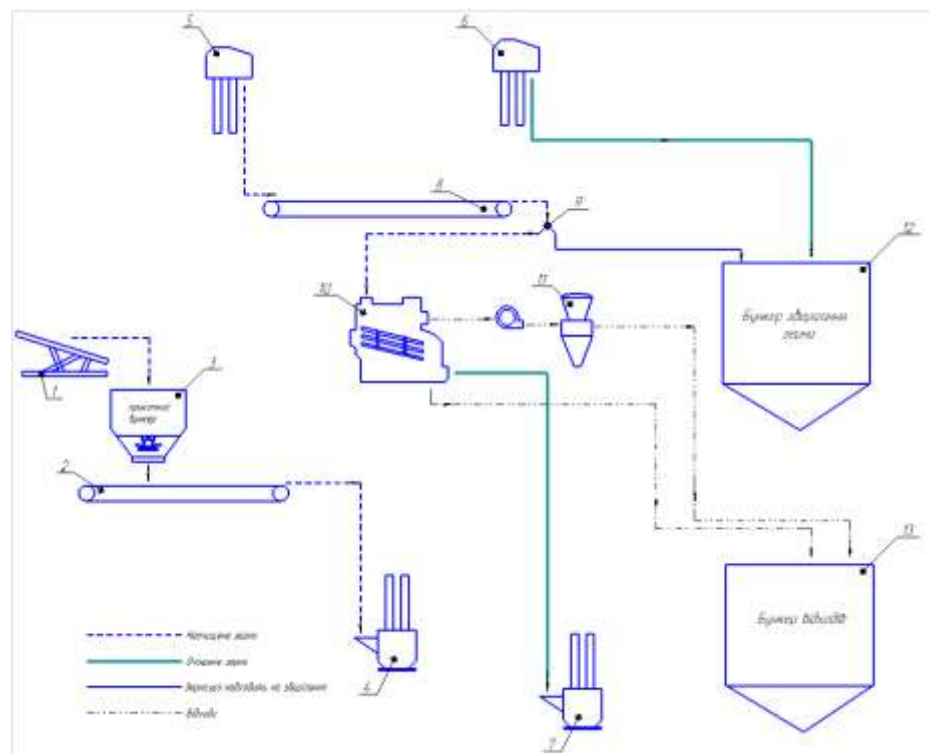


Рис. 2.1. Технологічна схема системи очищення насіння:

1 – автомобілепідйомник; 2, 8 – транспортери; 3 – приймальний бункер зернових; 4, 5, 6, 7 – норії Н-100; 9 – розподільник; 10 – сепаратор; 11 – аспіраційна система; 12 – бункер для зберігання зернових; 13 – бункер відходів

Першим кроком є приймання насіння і його підйом за допомогою норії Н-100. Цей апарат ефективно транспортує зерно вертикально, подаючи його на наступні стадії очищення без пошкодження структури зерна.

Далі насіння надходить на транспортні лінії, де використовується два основні транспортери з продуктивністю 200 та 150 тонн на годину. Вони забезпечують швидке і безперебійне переміщення насіння між етапами очищення, що дозволяє підтримувати високий рівень продуктивності всієї системи.

Наступним ключовим елементом є сепаратор БИС-100, який виконує основне очищення насіння. Цей сепаратор відділяє домішки різної природи – як важчі (камінці, уламки), так і легші (шелуха, пил), використовуючи фізичні властивості зерна, такі як розмір, форма та густина. Завдяки такій обробці відбувається значне зменшення кількості сторонніх домішок, що покращує якість кінцевого продукту.

Після сепарації зерно проходить через систему аспірації сепаратора, яка здійснює видалення дрібних легких часток, пилу та інших забруднень, що залишилися після основного очищення. Цей етап дуже важливий для покращення якості насіння, оскільки видаляє небажані речовини, які можуть негативно впливати на збереження і подальше використання зерна.

Завершальним етапом є розвантажувальний візок, який збирає очищене насіння і забезпечує його акуратне вивантаження із системи. Це дозволяє організувати подальше транспортування, фасування або зберігання зерна без втрат і додаткових забруднень.

Загалом, ця технологічна схема дозволяє отримати насіння високої чистоти, знизити втрати продукту, зменшити навантаження на персонал і забезпечити стабільність процесу очищення. Впровадження такої системи значно підвищує ефективність аграрного виробництва, знижує витрати та покращує якість кінцевої продукції [5].

2.2. Опис виробничих приміщень зернопереробного пункту

Виробниче приміщення зернопереробного пункту складається з одного основного приміщення, в якому розташоване обладнання для приймання,

очищення та транспортування зерна. Згідно з правилами пожежної безпеки в експлуатації електроустановок (ПБЕ), це приміщення належить до категорії вибухонебезпечних зон, оскільки під час обробки зерна в повітрі може утворюватися пил, який при певній концентрації створює вибухонебезпечне середовище.

За класифікацією вибухонебезпечності відповідно до ДСТУ EN 60079-10-1 приміщення відноситься до зони 20 (постійна або тривала присутність вибухонебезпечного пилу у вигляді хмари в повітрі) або до зони 21 (ймовірна поява вибухонебезпечного пилу під час нормальної роботи). Конкретна зона визначається залежно від умов вентиляції та концентрації пилу.

Щодо ступеня небезпеки ураження електричним струмом, відповідно до ПБЕ, виробниче приміщення віднесене до групи II (не вибухонебезпечні зони) за призначенням електроустановок, але оскільки тут є вибухонебезпечне середовище, всі електроустановки повинні відповідати вимогам для вибухозахищеного виконання. Відповідно, використовуються електрообладнання та проводка з підвищеним рівнем захисту (наприклад, вибухозахищене або безпечне в електричному відношенні обладнання) [6, 7].

Крім того, для забезпечення безпеки у приміщенні передбачені системи вентиляції та аспірації, що знижують концентрацію пилу і тим самим зменшують ризик вибуху. Освітлення повинно бути вибухозахищеним, а використання відкритого вогню чи іскроутворюючих пристроїв суворо заборонене.

Таким чином, основне виробниче приміщення зернопункту класифікується як вибухонебезпечна зона з відповідними вимогами до пожежної безпеки та електрообладнання, що забезпечують безпечну експлуатацію і захист персоналу від можливих небезпек.

2.3. Паспортні дані технологічного обладнання

Паспортні дані технологічного обладнання системи очищення насіння зернопереробного пункту наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Паспортні дані технологічних машин системи очищення насіння

Показник	Норія Н-100	Транспортер 200 т/год	Транспортер 150 т/год	Сепаратор БІС-100	Розвантажувальний візок	Аспірація сепаратора
Продуктивність, т/год	100	200	150	100	50	–
Кількість, шт.	2	1	1	1	1	1
Марка електродвигуна	A2-81-6	AO2-72-6	AO2-72-6	AIP90L6Y3	AO2-32-6	AO2-72-6
Потужність електродвигуна, кВт	22	11	11	1,5	2,2	2,2
Напруга живлення, В	380	380	380	380	380	380
Частота обертання, об/хв	~1000	~960	~960	~1000	~910	~960
Ступінь захисту (IP)	IP54	IP44	IP44	IP54	IP44	IP44
Призначення	Підйом зерна	Горизонтальне транспортування зерна	Горизонтальне транспортування зерна	Очищення зерна	Вивантаження зерна	Видалення пилу

2.4. Технологічні вимоги до системи електрифікації

Система електрифікації зернопереробного пункту є основою безперебійної роботи технологічного обладнання. Вона повинна забезпечувати безпеку, надійність і ефективність електропостачання відповідно до сучасних стандартів:

- система електрифікації має гарантувати стабільне живлення всіх електричних пристроїв без перерв;

- всі електроустановки повинні відповідати вимогам пожежної та вибухобезпеки, особливо у зонах з підвищеним ризиком пилових вибухів;

- обладнання має відповідати чинним державним стандартам та нормативам електробезпеки;

- для зменшення витрат енергії слід використовувати сучасні енергоефективні електродвигуни та освітлення;

- система має підтримувати автоматичне керування з можливістю дистанційного моніторингу;

- електрообладнання повинне бути захищене від пилу, вологи, температурних коливань і механічних впливів;

- конструкція системи має забезпечувати легкий доступ для ремонту та технічного обслуговування;

- розподільні щити та кабелі повинні бути розташовані так, щоб мінімізувати втрати енергії та забезпечувати безпечну експлуатацію;

- в системі мають бути встановлені автоматичні захисні пристрої, які оперативно відключатимуть пошкоджені ділянки;

- вся система повинна мати повну технічну документацію і чітке маркування елементів.

3. РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

3.1. Основні вимоги до силового електричного обладнання системи очищення насіння

Серійне технологічне обладнання постачається в сільськогосподарську сферу разом з повним комплектом електрообладнання. Проте при використанні такого стандартного устаткування необхідно враховувати індивідуальні особливості технологічного процесу та реальні умови експлуатації, які можуть відрізнятися від типових робочих параметрів, зазначених у технічному паспорті обладнання.

Процес підбору електродвигунів і технологічних вузлів полягає у:

- виборі електродвигуна, що відповідає фактичним умовам навколишнього середовища;
- проведенні розрахунку потужності двигуна для перевірки його відповідності реальному режиму роботи і навантаженню обладнання;
- оцінці вибраного двигуна за пусковими характеристиками, здатністю витримувати перевантаження та іншими експлуатаційними параметрами.

Монтаж електродвигунів повинен забезпечувати:

- відсутність шуму і вібрацій, які перевищують допустимі норми для машини, фундаменту або конструкцій будівлі;
- легкий доступ до двигуна для огляду, заміни та, за можливості, ремонту без демонтажу;
- підтримання температурного режиму в межах допустимих значень;
- захист обмоток від попадання вологи, масла, емульсій та інших шкідливих речовин.

Рухомі частини двигунів і з'єднувальні елементи (муфти, шківни) повинні бути обладнані захисними огороженнями для запобігання випадковим дотикам. Все електротехнічне обладнання елеватора має працювати при напрузі 380 В і частоті струму 50 Гц.

Електродвигуни повинні відповідати кліматичним умовам експлуатації. Для приміщень із можливим осіданням пилу та інших речовин, які перешкоджають охолодженню, мінімальний ступінь захисту двигунів має бути IP44. У цьому проекті застосовується електрообладнання кліматичного класу «У», призначене для помірного клімату, категорії розміщення 3, зі ступенем захисту IP44 [8, 9].

3.2. Перевірочний розрахунок електроприводів

Норія використовується для вертикального підйому зерна, продуктів його обробки, а також насіння різних культур на певну висоту у зерносховищах, елеваторах, комбикормових підприємствах та інших подібних об'єктах. Конструкція норії (див. рис. 3.1) включає регулювальний механізм (1), регулювальну гайку (2), барабан (3), стрічку норії (4), барабан верхньої частини (5), зірочки (6 і 8), ланцюг (7) та мотор-редуктор (9). Передача обертового моменту здійснюється за допомогою ланцюгової передачі [9].

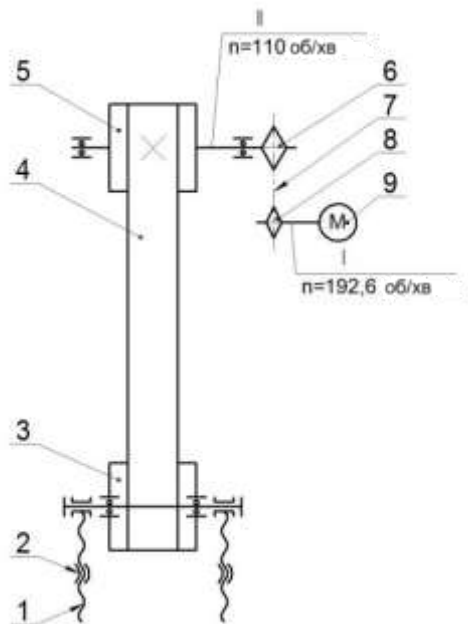


Рис. 3.1. Кінематична схема норії для вертикального підйому зерна
Розрахунок потужності приводу норії здійснюється за формулою [9]:

$$P_{розр} = \frac{9,81 \cdot Q \cdot H \cdot 10^{-3}}{\eta_{заг}}, \quad (3.1)$$

де Q – кількість матеріалу, який піднімається за одиницю часу, т/год;

H – висота підйому зернової або іншої сировини, що визначає вертикальну відстань, на яку необхідно транспортувати матеріал, м;

$\eta_{заг}$ – загальний коефіцієнт корисної дії (ККД) всієї норії, що враховує втрати енергії в приводі та механізмах.

$$P_{розр} = \frac{9,81 \cdot 100 \cdot 10^3 \cdot 20 \cdot 10^{-3}}{0,89} = 21,2 \text{ кВт.}$$

Умова вибору електроприводу для норії наступна:

$$P_{ЕД} \geq P_{розр}. \quad (3.2)$$

Приймаємо до установки електродвигун стандартної потужності 22 кВт марки АИР200М6, $P_H = 22$ кВт, $n_H = 980$ об/хв.; $\eta_H = 0,9$; $\cos \varphi_H = 0,83$; $\mu_{II} = 1,6$; $\mu_{\min} = 1,4$; $\mu_{\max} = 2,4$ [10].

Проводимо перевірку обраного електроприводу.

За пусковими моментами за методикою, яка наведена в [9]:

$$M_{н.дв} \geq M_{н.норії}. \quad (3.3)$$

Визначаємо пускові та номінальні моменти електродвигуна за виразами:

$$M_{ндв} = M_n \cdot \mu_n \cdot K_u^2; \quad (3.4)$$

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H}; \quad (3.5)$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_H}{30}; \quad (3.6)$$

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 980}{30} = 102,6 \text{ рад / с.}$$

$$M_H = \frac{22000}{1102,6} = 214,5 \text{ Нм};$$

$$M_{нов} = 214,5 \cdot 1,60,9^2 = 278 \text{ Нм.}$$

За момент зрушення норії візьмемо 30% від номінального моменту норії:

$$M_{зр} = 0,3 \cdot M_{OH}; \quad (3.7)$$

У свою чергу:

$$M_{OH} = \frac{P_{розр}}{\omega_{норії}}; \quad (3.8)$$

$$M_{OH} = \frac{21200}{102,6} = 206,6 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Відповідно:

$$M_{зр} = 0,3 \cdot 206,6 = 61,7 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Перевіряємо виконання вимоги (3.3):

$$278 \text{ Н} \cdot \text{м} > 61,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Двигун для норії задовольняє умовам пуску.

За перевантажувальною здатністю перевірку проводимо за методикою, яка наведена в [9]:

$$M_{\text{max.дв}} \geq 1,1 \dots 1,2 \cdot M_{\text{max.норії}}; \quad (3.9)$$

$$M_{\text{max.дв}} = M_n \cdot \mu_{\text{max}} \cdot K_u^2 \quad (3.10)$$

$$M_{\text{max.дв}} = 214,5 \cdot 2,4 \cdot 0,9^2 = 417 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

За максимальний момент норії приймається її номінальний момент роботи, оскільки вона працює при незмінному навантаженні.

Тоді:

$$417 \text{ Н} \cdot \text{м} > 1,2 \cdot 206,6 = 247,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Електродвигун для норії обрано вірно.

3.3. Розробка електричної схеми розташування обладнання

Розробка електричної схеми розташування обладнання передбачає створення графічного зображення, яке відображає порядок і взаємозв'язки між усіма елементами системи. У процесі розробки враховуються технічні характеристики обладнання, умови його експлуатації та вимоги безпеки.

Схема повинна забезпечувати зручність монтажу, експлуатації та обслуговування, а також ефективну організацію електропостачання. Важливо,

щоб на схемі були чітко позначені всі джерела живлення, споживачі електроенергії, пристрої захисту і керування, а також кабельні лінії та їх маршрути.

Розташування обладнання визначається з урахуванням просторових обмежень приміщення, а також потреб в оптимальному доступі для технічного обслуговування і ремонту. В результаті розробки створюється повноцінна електрична схема, яка слугує основою для монтажних робіт та подальшої експлуатації системи.

Електрична схема розташування обладнання системи очищення насіння зернопереробного пункту наведена в графічній частині роботи.

4. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ

4.1. Визначення параметрів, що підлягають контролю та регулюванню

Для забезпечення ефективного та безпечного функціонування автоматизованої системи керування процесом очищення насіння необхідно визначити ключові параметри, які підлягають контролю та регулюванню. До таких параметрів належать режим роботи електродвигунів, що відповідають за рух технологічного обладнання, зокрема їх увімкнення та вимкнення в автоматичному або ручному режимі.

Контроль температурного стану двигунів здійснюється через теплові реле, що захищають від перевантажень і перегріву. Важливим параметром є також струм, який протікає в електричній мережі, з метою запобігання коротким замиканням.

Регулювання завантаження зерноочисної машини дозволяє підтримувати оптимальний технологічний процес та запобігати перевантаженню обладнання. Крім того, контролюються сигнали індикації режиму роботи та звукової сигналізації, які інформують операторів про стан системи.

Всі ці параметри забезпечують надійну роботу лінії очистки зерна, своєчасне реагування на аварійні ситуації і підтримання заданих технологічних режимів [11-15].

4.2. Технологічні вимоги до системи автоматизації

Система автоматизації процесу очищення насіння повинна відповідати ряду технологічних вимог, які забезпечать безпечну, ефективну та надійну роботу лінії.

По-перше, необхідно передбачити чітку і зрозумілу сигналізацію, яка інформуватиме операторів про поточні режими роботи потокової лінії. Для цього

необхідно передбачити як оптичні, так і звукові сигнали, що дозволяють швидко ідентифікувати стан обладнання та реагувати на можливі неполадки.

По-друге, система має забезпечувати послідовне включення робочих машин відповідно до встановленого технологічного процесу, що запобігає перевантаженням електричної мережі та дозволяє оптимізувати роботу обладнання.

Важливим є також наявність механізмів блокування електродвигунів у разі виникнення аварійних режимів, що дозволяє захистити обладнання від пошкоджень і забезпечити безпеку персоналу.

Крім того, система повинна забезпечувати повністю автоматизоване керування лінією, що мінімізує участь людини і знижує ризик помилок.

Водночас, передбачена можливість ручного керування, що дозволяє оператору здійснювати контроль і втручання у процес у разі необхідності, наприклад, під час технічного обслуговування або усунення несправностей.

Зазначені вимоги створюють основу для побудови гнучкої та надійної системи автоматизації, яка забезпечить стабільний і безпечний технологічний процес очищення насіння.

4.3. Розробка електричної принципової схеми керування процесом очищення насіння

На основі технологічної структури лінії очищення зерна та вимог до системи її автоматизації, було розроблено принципову електричну схему керування, яка забезпечує реалізацію наступних функціональних можливостей:

- роботу системи як у ручному, так і в автоматизованому режимах;
- захист електродвигунів від надмірного навантаження протягом тривалого часу;
- запобігання пошкодженню електромережі внаслідок коротких замикань;
- контроль та регулювання рівня подачі сировини до зерноочисного обладнання;

- звукове сповіщення про запуск технологічної лінії;
- світлову індикацію робочого стану обладнання, сигналізацію включення/вимкнення механізмів, а також спрацювання пристроїв теплового захисту.

Відповідно до вимог, передбачених для системи керування агрегату, впроваджені наступні технічні рішення:

- для візуального контролю за станом кожного електродвигуна, до кола керування паралельно котушкам магнітних пускачів підключені сигнальні лампи;

- запуск двигунів лінії здійснюється із часовою затримкою за допомогою реле часу, що гарантує послідовність їх увімкнення;

- з метою уникнення аварійної роботи електродвигунів, у колах керування застосовані блокувальні контакти магнітних пускачів;

- передбачена можливість перемикання між ручним та автоматичним режимами експлуатації.

Керування всіма агрегатами та механізмами лінії здійснюється дистанційно – через центральний пульт оператора. У схемі реалізовані кола сигналізації та блокування, які дозволяють при виникненні несправностей або зупинці будь-якого вузла автоматично припинити роботу усіх попередніх машин у технологічному ланцюгу. Система сигналізації істотно полегшує візуальний контроль за процесами та функціонуванням обладнання.

Графічне зображення електричної принципової схеми керування електрообладнанням системи очищення насіння представлено на аркуші графічної частини роботи.

4.4. Розробка електричної схеми з'єднань

Шафа керування, яка входить до складу системи автоматизації, виконує функції центрального елемента керування, контролю та індикації стану автоматизованого об'єкта. На передній панелі пульта встановлено пояснювальні

надписи, що ідентифікують функціональне призначення елементів інтерфейсу – кнопочових постів, індикаторних ламп, дисплеїв тощо.

При розробці конструкції пульта керування було враховано положення нормативних джерел [11, 12, 13]. Електрична схема з'єднань шафи керування, яка забезпечує функціонування обладнання лінії очистки зерна, наведена в графічній частині проектної документації.

На зовнішній стороні дверей шафи, виконаній з урахуванням адресно-графічного принципу побудови схем, розміщено такі компоненти: перемикачі режимів, кнопочві елементи керування, світлова індикація, а також автоматичний вимикач, що захищає коло керування. Основні виконавчі елементи, зокрема магнітні пускачі, теплові захисні реле, реле проміжного типу та реле часу, змонтовані на внутрішній задній панелі шафи.

4.5. Розробка електричної схеми підключень

Розробка електричної схеми підключень, що виконується адресним методом, передбачає створення структури, яка полегшує і спрощує монтаж та обслуговування силової частини. Такий підхід дозволяє точно ідентифікувати кожен елемент схеми за унікальною адресою, що значно покращує наглядність, діагностику несправностей і оперативне технічне обслуговування.

Адресний метод забезпечує чітке логічне групування виконавчих механізмів та їх зв'язок із відповідними елементами керування, зменшуючи кількість з'єднань, спрощуючи трасування кабельних ліній і підвищуючи загальну надійність системи. У такій схемі легко реалізувати модульну побудову та гнучке конфігурування системи, що особливо важливо при модернізації чи адаптації під різні типи насіннеочисного обладнання.

Схема електрична підключень системи очищення насіння наведена в графічній частині роботи.

5. РОЗРОБКА ВНУТРИШНЬОЇ ЦЕХОВОЇ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ЗЕРНОПЕРЕРОБНОГО ПУНКТУ

5.1. Вибір схеми живлення обладнання

Енергозабезпечення зернопереробного комплексу ТОВ «ПЛАНТ АГРО» організовано через трансформаторну підстанцію із двома трансформаторами, що має ступінь напруги 10/0,4 кВ. Подача електроенергії від підстанції до головного розподільчого щита здійснюється за допомогою кабельної лінії типу ВВГнг, яка прокладена в землі. Для підключення силового обладнання об'єкта використовується кабель ВВГнг, що має знижену горючість [16, 17].

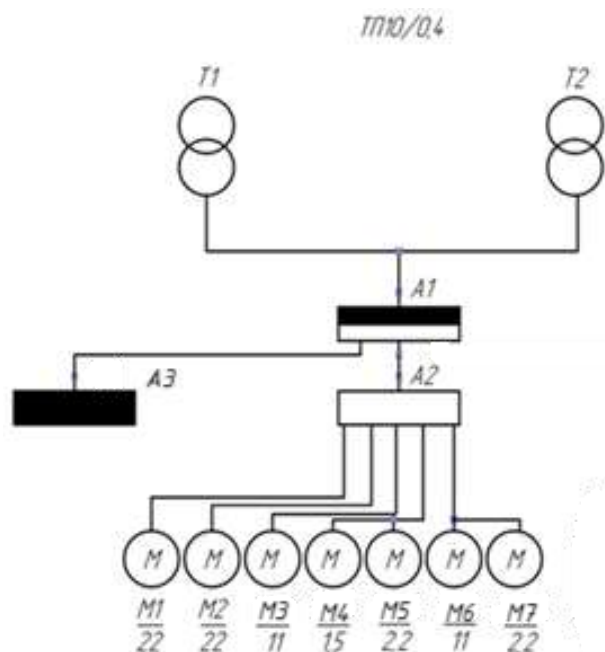


Рисунок 5.1 – Внутрішня цехова силова електрична мережа зернопереробного цеху

5.2. Розрахунок струмів ділянок мережі

Для розрахунку струмів у відгалуженнях до окремих електроприймачів приймаються їхні номінальні струми. Визначення цих значень здійснюється з використанням відповідних розрахункових формул [17]:

- для трифазного навантаження:

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H}; \quad (5.1)$$

- для трифазних АД:

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H}, \quad (5.2)$$

Струм, що використовується для розрахунку групової або магістральної електричної мережі, визначається за допомогою формули [17]:

$$I_p = K_0 \cdot \sum I_H. \quad (5.3)$$

Як приклад розрахуємо номінальне значення струму для електродвигуна М2, який використовується для приводу зернової норії:

АИР200М6У3, $P_H = 22 \text{ кВт}$, $n_H = 980 \text{ об / хв.}$; $\eta_H = 0,9 \text{ в.о.}$; $\cos \varphi_H = 0,83 \text{ в.о}$ [10]

$$I_{H M2} = \frac{22 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,89 \cdot 0,84} = 45 \text{ А.}$$

Подібним чином здійснюємо визначення розрахункових навантажень для інших споживачів. Отримані результати представлені у графічній частині роботи на схемі розрахунково-монтажного типу мережі ділянки очищення насіння зернопереробного цеху.

5.3. Вибір автоматичних вимикачів

Умови вибору автоматичних вимикачів для захисту обладнання системи очищення насіння наведені в додатках. Вибір проводимо табличним способом.

Результати зведені в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 - Результати вибору автоматичних вимикачів для захисту обладнання системи очищення насіння

Позн.	$I_{роз}, A$	$I_{пуск.розр}, A$	Тип	$I_{Н.АВ}, A$	$I_{Т.Р.}, A$	$I_{ВДС.ЕМ.Р}, A$
QF1	155,7	823	BZMC3-A320 320A 3P Eaton (Moeller)	320	320	3200
QF2	151,3	592	BZMB2-A250 250 A 3P Eaton (Moeller)	250	250	2500
QF3	4,4	-	BZMB1-A63 63A 3P Eaton (Moeller)	63	63	630
QF4	151,3	592	BZMB2-A160 160 A 3P Eaton (Moeller)	160	160	1600
QF5	44,8	295,2	PL6-C63/3 3P 63 A х-ка С Eaton (Moeller)	63	63	630
QF6	44,8	295,2	PL6-C63/3 3P 63 A х-ка С Eaton (Moeller)	63	63	630
QF7	22,9	149,1	PL6-C25/3 3P 25 A х-ка С Eaton (Moeller)	25	25	250
QF8	16,5	57,2	PL6-C25/3 3P 25 A х-ка С Eaton (Moeller)	25	25	250
QF9	28,5	149,1	PL6-C32/3 3P 32 A х-ка С Eaton (Moeller)	32	32	320
QF10	4,4	-	PL6-C16/3 3P 16 A х-ка С Eaton (Moeller)	16	16	160

5.4. Вибір магнітних пускачів та електротеплових реле

Умови вибору магнітних пускачів та теплових реле для комутації та керування обладнанням системи очищення насіння наведені в додатках. Вибір

проводимо табличним способом. Результати зведені в таблиці 5.2 та 5.3 відповідно.

Таблиця 5.2 - Результати магнітних пускачів для обладнання системи очищення насіння

$I_{розр}, A$	Позначення	Тип	$I_{Н.МП}, A$	$U_{Н.МП}, B$
44,8	КМ1	Контактор DILM50 50A 400В/АС, Eaton	50	400
44,8	КМ2	Контактор DILM50 50A 400В/АС, Eaton	50	400
22,9	КМ3	Контактор DILM25-10 25A 400В/АС 1НЗ, Eaton	25	400
4,2	КМ4	Контактор DILM9-10 9A 400В/АС 1НВ, Eaton	9	400
12,3	КМ5	Контактор DILM25-10 25A 400В/АС 1НЗ, Eaton	25	400
22,9	КМ6	Контактор DILM25-10 25A 400В/АС 1НЗ, Eaton	25	400
5,7	КМ7	Контактор DILM9-10 9A 400В/АС 1НВ, Eaton	10	400

Таблиця 5.3 – Результати теплових реле для обладнання системи очищення насіння

$I_{роз}, A$	Позн.	Тип	$I_{Н.ТР}, A$	$U_{Н.ТР}, B$	$I_{Н.СР.Т.Р.}, A$
44,8	КК1	Реле електротеплове ZB150-50 $I_r=35...50A$	50	380	44,8
44,8	КК2	Реле електротеплове ZB150-50 $I_r=35...50A$	50	380	44,8
22,9	КК3	Реле електротеплове ZB32-24 $I_r=16...24A$	24	380	22,9
4,2	КК4	Реле електротеплове ZB12-6 $I_r=4...6A$	12	380	4,2
12,3	КК5	Реле електротеплове ZB32-16 $I_r=12...16A$	32	380	12,3
22,9	КК6	Реле електротеплове ZB32-24 $I_r=16...24A$	32	380	22,9
5,7	КК7	Реле електротеплове ZB12-6 $I_r=4...6A$	12	380	5,7

5.5. Вибір провідників

Вибір перерізів проводів і кабелів здійснюється на основі тривало допустимого струмового навантаження, з урахуванням відповідної умови [17]:

$$I_{TR.ПР} \geq I_{розр}. \quad (5.4)$$

Марку та переріз кабелів для струмоприймачів, що входять до системи очищення насіння, підбираємо за допомогою табличних даних. Підсумкові результати вибору узагальнено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Марка та переріз кабелів для струмоприймачів, що входять до системи очищення насіння

Позначення	$I_{розр}, A$	$I_{TR.ДОП}, A$	Тип кабелю
M1	44,8	55	ВВГнг (4x10)
M2	44,8	55	ВВГнг (4x10)
M3	22,9	25	ВВГнг (4x2,5)
M4	4,2	19	ВВГнг (4x1,5)
M5	12,3	19	ВВГнг (4x1,5)
M6	22,9	25	ВВГнг (4x2,5)
M7	5,7	19	ВВГнг (4x1,5)
A1-A2	151,3	180	ВВГнг (4x70)
A1-A3	4,4	25	ВВГнг (4x2,5)
ТП-A1	155,7	220	ВВГнг (4x95)

Всі результати вибору пускозахисної апаратури та провідників детально показано на розрахунковій монтажній схемі електричної мережі ділянки очищення насіння зернопереробного пункту, яка наведена в графічній частині роботи.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація роботи з охорони праці на зернопереробному пункті ТОВ «ПЛАНТ АГРО». На зернопереробному пункті ТОВ «ПЛАНТ АГРО» організація роботи з охорони праці має комплексний характер і здійснюється відповідно до чинного законодавства України. Система управління охороною праці базується на принципах профілактики, контролю та постійного вдосконалення умов праці. На підприємстві функціонує спеціальний підрозділ або відповідальний фахівець, який координує всі заходи у сфері охорони праці, включаючи планування, впровадження та моніторинг виконання необхідних заходів.

Планування заходів з охорони праці здійснюється щорічно, з урахуванням результатів аналізу виробничого травматизму, ризиків на робочих місцях та технічного стану обладнання. Фінансування цих заходів передбачене окремим кошторисом у загальному бюджеті підприємства і включає витрати на закупівлю засобів індивідуального захисту, навчання персоналу, модернізацію обладнання та проведення періодичних медичних оглядів працівників.

Колективний договір ТОВ «ПЛАНТ АГРО» містить окремий розділ «Охорона праці», в якому визначено обов'язки адміністрації щодо створення безпечних умов праці, забезпечення спецодягом та ЗІЗ, компенсацій за роботу у шкідливих умовах, а також права працівників на відмову від виконання робіт у разі виникнення загрози життю чи здоров'ю.

Організація навчання з охорони праці є системною: працівники проходять вступний, первинний, повторний та цільовий інструктажі, що підтверджується відповідними записами у журналах реєстрації інструктажів. На підприємстві розроблено програми навчання для різних категорій працівників, затверджені інструкції з охорони праці за професіями та видами робіт. Також проводиться атестація знань з охорони праці, за результатами якої оформлюються протоколи.

Працівники підприємства забезпечуються необхідним спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами індивідуального захисту згідно з

встановленими нормами. Окрема увага приділяється санітарно-побутовому забезпеченню: наявні душові, гардеробні, кімнати для відпочинку, а також забезпечено доступ до питної води та медичної допомоги [18, 19].

Потенційні небезпеки технологічного процесу очищення насіння.

Технологічний процес очищення насіння на зернопереробних підприємствах супроводжується рядом потенційних небезпек, що можуть впливати на здоров'я та безпеку працівників. Однією з основних загроз є високий рівень запиленості повітря, що виникає внаслідок пересипання, сепарування та подачі насіння через транспортні системи. Тривале перебування у таких умовах без належного захисту органів дихання може спричинити захворювання дихальної системи.

Ще однією серйозною небезпекою є рухомі частини обладнання – транспортери, шнеки, барабани, сита, які можуть призвести до механічних травм у разі порушення правил безпеки або відсутності огорожень. Також у процесі очищення застосовується електромеханічне обладнання, що створює ризик ураження електричним струмом, особливо при експлуатації несправних або неправильно заземлених установок.

Крім того, можливі ситуації, пов'язані з перевантаженням або заклинюванням машин, що іноді провокує аварійні зупинки, вібрації чи несподіване ввімкнення, створюючи загрозу як для операторів, так і для обслуговуючого персоналу. В умовах поганої вентиляції також існує ризик накопичення горючого пилу, що за певних обставин може призвести до вибуху або пожежі.

Не менш важливою є ергономічна небезпека – працівники часто змушені працювати у незручних позах, піднімати або переносити важкі мішки з насінням, що створює ризики для опорно-рухового апарату. У разі незадовільного освітлення або недостатньої організації робочого простору можуть виникати додаткові фактори ризику, які ускладнюють безпечне виконання завдань.

Таким чином, процес очищення насіння потребує постійного контролю за технічним станом обладнання, дотримання правил експлуатації та використання засобів індивідуального захисту для мінімізації потенційних загроз..

Рекомендації щодо впровадження безпечних і здорових умов праці. Для впровадження безпечних і здорових умов праці на зернопереробному пункті доцільно реалізувати низку організаційних, технічних та профілактичних заходів, спрямованих на зменшення виробничих ризиків і покращення загального стану охорони праці.

Насамперед варто забезпечити систематичне навчання працівників правилам охорони праці, інструктажам та атестації знань відповідно до встановлених вимог. Працівники мають бути добре обізнані з небезпеками свого робочого середовища, а також навчені правильно користуватись засобами індивідуального захисту та діяти у випадку аварійних ситуацій.

Особливу увагу слід приділити модернізації обладнання, забезпеченню його справного стану та наявності всіх необхідних захисних пристроїв і огорожень. Усі роботи з обслуговування машин мають виконуватись тільки після їх повної зупинки та відключення від джерел енергії. Крім того, важливо впровадити сучасні системи вентиляції, щоб знизити рівень запиленості та поліпшити якість повітря в робочих зонах.

Необхідно регулярно проводити аналіз умов праці, оцінку професійних ризиків та моніторинг шкідливих факторів, включаючи рівень шуму, запиленості, освітлення та мікроклімат. За результатами таких досліджень мають вживатися відповідні коригувальні заходи.

Забезпечення працівників якісними засобами індивідуального захисту (респіраторами, навушниками, рукавицями, спецодягом) має бути обов'язковим і систематичним. Важливо також створити належні санітарно-побутові умови – душові, гардеробні, кімнати відпочинку, доступ до питної води та аптечок.

Ще одним важливим напрямом є формування культури безпеки праці, коли кожен працівник усвідомлює свою відповідальність за дотримання правил та бере активну участь у заходах з поліпшення умов праці. Керівництво повинно демонструвати особисту зацікавленість у безпеці персоналу, мотивувати працівників до дотримання стандартів та створювати умови для зворотного зв'язку.

Пожежобезпека на ділянці очищення насіння. Пожежобезпека на ділянці очищення насіння є критично важливим аспектом, оскільки технологічний процес супроводжується утворенням пилу, який у певних концентраціях є вибухонебезпечним. Найбільшу загрозу становлять джерела іскор, перегрів обладнання, коротке замикання в електромережах, а також відсутність своєчасного прибирання насінневих залишків і пилу. Для забезпечення належного рівня пожежної безпеки необхідно насамперед організувати ефективну вентиляцію і аспірацію, щоб запобігти накопиченню горючого пилу у повітрі та на поверхнях устаткування. Усі електричні установки, що використовуються в зоні очищення, мають бути вибухозахищеного виконання, з надійним заземленням та систематичною перевіркою технічного стану.

Важливо забезпечити дотримання температурного режиму експлуатації машин і механізмів, а також не допускати їх перегріву. Пускові пристрої, електрощити й кабельні лінії повинні бути розміщені в місцях, захищених від пилу й вологи. Регулярне технічне обслуговування обладнання, вчасна заміна зношених деталей і очищення від насінневих залишків значно знижують ризик займання.

На ділянці обов'язково мають бути розміщені засоби первинного пожежогасіння – вогнегасники (порошкові або вуглекислотні), пожежні щити з інвентарем, а також вільний доступ до джерел водопостачання. Всі працівники повинні бути ознайомлені з планом евакуації, навчено правильному користуванню вогнегасниками та діям у разі виникнення пожежі.

Висновки. Забезпечення охорони праці та пожежної безпеки на ділянці очищення насіння ТОВ «ПЛАНТ АГРО» потребує системного підходу, що включає технічне оснащення, навчання персоналу, контроль за дотриманням правил безпеки та створення належних умов праці.

7. ЕКОЛОГІЧНА ЕКСПЕРТИЗА

Вступ. Екологічна безпека є одним із ключових аспектів діяльності сільськогосподарських підприємств, особливо коли мова йде про технологічні процеси, пов'язані з очищенням насінневого матеріалу. У цьому розділі розглядаються основні екологічні чинники, пов'язані з функціонуванням ділянки очищення насіння ТОВ «ПЛАНТ АГРО», розташованої в Сумському районі Сумської області. Аналіз проводиться з урахуванням впливу виробничих процесів на навколишнє природне середовище, зокрема атмосферне повітря, ґрунтовий покрив, водні ресурси та рівень утворення відходів.

Вплив. Процеси, пов'язані з очищенням насіння на підприємстві ТОВ «ПЛАНТ АГРО», можуть чинити певний негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я населення, яке проживає поблизу. У результаті роботи обладнання можливе виділення пилу та дрібнодисперсних частинок у повітря, що спричиняє погіршення його якості. Тривале вдихання пилу може викликати алергічні реакції, подразнення дихальних шляхів і зниження загального імунітету у людини. Паралельно з цим зростає ризик виникнення хронічних захворювань дихальної системи серед працівників і місцевого населення.

Крім впливу на людей, пилові викиди та залишки обробленого насіння можуть потрапляти на прилеглі ділянки ґрунту та у водойми, змінюючи хімічний склад середовища. Це негативно позначається на стані флори, оскільки деякі культури можуть втрачати здатність до нормального росту і розвитку під впливом забрудненого середовища. У фауні спостерігається зниження біорізноманіття, адже пил і залишки хімікатів можуть отруювати кормову базу, впливати на репродуктивні функції тварин і спричиняти загибель дрібних організмів, що відіграють важливу роль у підтриманні екосистемного балансу.

Заходи. Для зниження негативного впливу ділянки очищення насіння ТОВ «ПЛАНТ АГРО» на навколишнє середовище необхідно реалізувати комплексний підхід, що включає технічні, організаційні та екологічні заходи. Одним із ключових напрямків є впровадження сучасних систем очищення повітря, які забезпечують ефективне видалення пилових частинок та інших

забруднювачів, що утворюються під час очищення насіння. Це дозволить суттєво зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу, покращуючи якість повітря у навколишній території.

Також важливим аспектом є організація правильного поводження з виробничими відходами, які можуть містити залишки насіння, оболонки та інших органічних матеріалів. Впровадження системи збору, утилізації або переробки таких відходів допоможе уникнути їх потрапляння у ґрунт та водні об'єкти, що захистить природні екосистеми від забруднення. Окрему увагу слід приділяти контролю за використанням і очищенням водних ресурсів. Застосування замкнених систем водопостачання та впровадження сучасних методів очистки стічних вод дозволить запобігти забрудненню поверхневих та ґрунтових вод, що особливо важливо для збереження місцевих водних ресурсів.

Не менш важливим є проведення регулярного екологічного моніторингу, який дасть змогу своєчасно виявляти відхилення від нормативних показників та оперативно вживати необхідних заходів для їх усунення. Організація навчання персоналу щодо дотримання екологічних стандартів та впровадження принципів екологічно відповідального виробництва сприятиме збереженню навколишнього середовища і підвищенню екологічної безпеки діяльності підприємства.

Висновки. Ділянка очищення насіння ТОВ «ПЛАНТ АГРО» знаходиться в задовільному екологічному стані, що свідчить про відносно низький рівень негативного впливу на навколишнє середовище. Проте для забезпечення подальшої екологічної безпеки та мінімізації можливих ризиків рекомендується впровадити запропоновані заходи, які спрямовані на покращення контролю викидів забруднюючих речовин у повітря, раціональне використання водних ресурсів, а також ефективне поводження з виробничими відходами. Реалізація цих заходів дозволить підвищити рівень екологічної безпеки, запобігти потенційному забрудненню і сприятиме сталому розвитку діяльності підприємства в регіоні.

8. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

У сучасних умовах розвитку агропромислового комплексу України питання підвищення ефективності та автоматизації виробничих процесів набувають особливого значення. Зернопереробні підприємства відіграють ключову роль у забезпеченні продовольчої безпеки, а також у формуванні якісної сировинної бази для харчової промисловості. Водночас, існуючі системи електрифікації та управління на багатьох підприємствах часто не відповідають сучасним вимогам щодо енергозбереження, надійності та автоматизації.

Реконструкція системи електрифікації зернопереробного цеху ТОВ «ПЛАНТ АГРО», розташованого в Сумському районі Сумської області, спрямована на підвищення продуктивності, зниження експлуатаційних витрат і забезпечення стабільного функціонування обладнання. Особлива увага приділяється розробці автоматизованої системи керування насіннячисною машиною, що дозволить оптимізувати процес очищення насіння, зменшити вплив людського фактору та підвищити якість кінцевого продукту.

У цьому розділі буде проведено економічне обґрунтування запропонованих заходів з реконструкції системи електрифікації та впровадження автоматизованої системи управління, що включає оцінку інвестиційних витрат, аналіз економічної ефективності та прогнозування вигод для підприємства. Результати дослідження дозволять визначити доцільність реалізації проекту та його вплив на конкурентоспроможність ТОВ «ПЛАНТ АГРО» на ринку зернопереробних послуг [20].

Таблиця 8.1. – Капіталовкладення

Найменування	Кількість	Ціна за одиницю (грн)	Вартість (грн)
АІР200М6У3	2	12000	24000
АІР160S6У3	2	10000	20000
АІР100L6У3	2	8000	16000

АИР90L6У3	1	6000	6000
BZMC3-A320 320A 3P Eaton	1	15000	15000
BZMB2-A250 250A 3P Eaton	1	12000	12000
BZMB1-A63 63A 3P Eaton	1	8000	8000
PL6-C63/3 3P 63A х-ка С Eaton	2	3600	7200
PL6-C25/3 3P 25A х-ка С Eaton	2	1900	3800
PL6-C32/3 3P 32A х-ка С Eaton	1	2500	2500
PL6-C16/3 3P 16A х-ка С Eaton	1	1500	1500
Контактор DILM50 50A 400В/АС, Eaton	2	4700	9400
Контактор DILM25-10 25A 400В/АС 1НЗ, Eaton	3	3000	9000
Контактор DILM9-10 9A 400В/АС 1НВ, Eaton	2	2500	5000
Реле електротеплове ZB150-50 I _r =35...50А	2	1200	2400
Реле електротеплове ZB32-24 I _r =16...24А	2	1000	2000
Реле електротеплове ZB12-6 I _r =4...6А	2	800	1600
Реле електротеплове ZB32-24 I _r =16...24А	1	1000	1000
ВВГнг (4х95)	50 м	1980	99000
ВВГнг (4х70)	8 м	1500	12000
ВВГнг (4х10)	26 м	300	7800
ВВГнг (4х2,5)	25 м	400	10000
ВВГнг (4х1,5)	38 м	250	9500
Разом:	-	-	265200

Виконуємо розрахунок техніко-економічних показників.

Економія електроенергії за рік (кВт·год) [20]:

$$E_{\text{економія}} = E_{\text{початкове}} \cdot \eta, \quad (8.1)$$

де $E_{\text{початкове}}$ – початкове річне споживання електроенергії (кВт·год),
 η – очікуваний відсоток економії (у десятковому вигляді, наприклад 0.15 для 15%).

Річна економія коштів (грн):

$$C_{\text{економія}} = E_{\text{економія}} \cdot P_{\text{електроенергія}}, \quad (8.2)$$

де $P_{\text{електроенергія}}$ – вартість 1 кВт·год електроенергії (грн).

Термін окупності (роки) [20]:

$$T_{\text{окупності}} = \frac{I}{C_{\text{економія}}}, \quad (8.3)$$

де I – інвестиційні капіталовкладення (грн).

Розрахунок проводимо табличним способом. Результати розрахунків техніко-економічних показників зведено в таблицю 8.2.

Таблиця 8.2 – Зведена таблиця розрахунку техніко-економічних показників роботи

Показник	Базовий варіант	Проектний варіант
Річне споживання електроенергії (кВт·год)	450000	441160 (з економією 2%)
Економія електроенергії (кВт·год)	—	8840

Вартість електроенергії (грн/кВт·год)	12	12
Річна економія коштів (грн)	—	106080
Інвестиції (грн)	—	265200
Термін окупності (роки)	—	2,5

Висновки. Проведений економічний аналіз реконструкції системи електрифікації зернопереробного цеху ТОВ «ПЛАНТ АГРО» показав високу ефективність запропонованих заходів. Впровадження автоматизованої системи керування насіннеочисною машиною дозволить суттєво знизити споживання електроенергії, що призведе до значної економії коштів підприємства.

Розрахунки свідчать, що при річному споживанні електроенергії 450000 кВт·год та інвестиціях у розмірі 265200 грн, навіть консервативне зменшення споживання на 2% забезпечить термін окупності не більше 2,5 років. При більш реалістичній економії у 15% окупність інвестицій становитиме менше року, що підтверджує доцільність та економічну вигідність реалізації проекту.

Отже, реконструкція системи електрифікації та впровадження автоматизованої системи управління є стратегічно важливим кроком для підвищення енергоефективності та конкурентоспроможності підприємства, що забезпечить зниження виробничих витрат і сприятиме сталому розвитку ТОВ «ПЛАНТ АГРО».

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи була проведена реконструкція системи електрифікації зернопереробного цеху ТОВ «ПЛАНТ АГРО» з урахуванням сучасних технічних вимог та особливостей технологічного процесу. Для силового обладнання обрано електродвигуни серії АИР різних потужностей, що забезпечують надійну роботу електроприводів насіннеочисної машини. Для захисту електричних ланцюгів застосовані автоматичні вимикачі Eaton типів VZMC3-A320, VZMB2-A250, VZMB1-A63, а також PL6-C, що дозволяє забезпечити належний рівень захисту та керування.

У системі керування використані контактори Eaton моделей DILM50, DILM25-10 та DILM9-10, а також електротеплові реле серії ZB150-50, ZB32-24 та ZB12-6 з відповідним діапазоном струмів спрацювання, що гарантує безпечне та ефективне автоматичне управління процесом очищення насіння. Розроблені електричні схеми включають принципову, з'єднань та підключень, що забезпечують логічну та надійну роботу автоматизованої системи. Для прокладання силових кабелів обрано провідники ВВГнг з різним перерізом: від 1,5 мм² до 95 мм², що відповідає розрахованим струмовим навантаженням і дозволяє забезпечити безпечну експлуатацію електричної мережі.

Головний акцент у роботі зроблено на створенні автоматизованої системи управління системою очищення насіння. Розроблено основну електричну схему управління очищенням насіння, а також детальні схеми електричних з'єднань і підключень.

Проведений економічний аналіз реконструкції системи електрифікації зернопереробного цеху ТОВ «ПЛАНТ АГРО» підтвердив високу ефективність проекту. Інвестиції у розмірі 265200 грн при річному споживанні 450000 кВт·год окупляться за 2,5 роки навіть при мінімальній економії електроенергії у 2%. Впровадження автоматизованої системи керування забезпечить суттєве зниження витрат на електроенергію, підвищить енергоефективність і конкурентоспроможність підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мазур, В. А., Поліщук І. С., Телекало, Н. В., & Мордванюк, М.О. (2020). *Рослинництво*. Вінниця: ТОВ «Друк».
2. Основні технологічні особливості й устаткування для очищення зерна. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://olis.com.ua/press-centre/statii/ochistka-zerna-1/>.
3. Технологія зберігання і переробки зерна : дайджест. Вип. 7. [Електронний ресурс] / Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка ; підгот. О. В. Олабоді. – Київ, 2016. – 13 с. – Режим доступу : <http://library.nuft.edu.ua/inform/zerno2016.pdf>.
4. Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції. Н.І. Хомик, Н.Б. Гаврон, Н.А Рубінець. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. – 248с.
5. Постнікова, М., & Петров, В. (2018). ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНА НА ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИНАХ. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету, 8(2). Retrieved із <https://oj.tsatu.edu.ua/index.php/visnik/article/view/36>
6. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. Міненерговугілля України. – Х.: Форт, 2017. – 760 с.
7. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Від 25.07.2006 Затв. Наказ Мінпалива № 258 (Із змінами та доповнення у відповідності до наказів Міненервугілля України № 91 від 13.02.2012 № 905 від 16.11.2012 № 273 від 16.05.2013).
8. Електропривод робочих машин : підручник / П. О. Василега. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 290 с.
9. Основи електропривода виробничих машин та комплексів [текст]: навч. посіб./ В.Е. Воскобойник, В.А. Бородай, Р.О. Боровик, О.Ю. Нестерова – Д.: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 2021. – 254 с.

10. Каталог електродвигунів АИР. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://xn--80aqy.com.ua/katalog_elektrovdigatelei_air/
11. Carol L Jones. (2022). Grain Handling Automation and Controls. Division of Agricultural Sciences and Natural Resources, Oklahoma State University. URL: <https://openresearch.okstate.edu/server/api/core/bitstreams/6ed96aef-0daf-4692-9295-18a38782c82c/content/>
12. Vivekanand, C. V., M, I. T., R, A., E, E. K., & S, J. (2024). Efficient Harvest to Storage: Advancing with Automated Grain Systems. 2024 7th International Conference on Circuit Power and Computing Technologies (ICCPCT), 5, 207–213. <https://doi.org/10.1109/iccpct61902.2024.10672665/>
13. J, L., S, L. S. V., R, M., & R, M. (2022). Automated food grain monitoring system for warehouse using IOT. Measurement Sensors, 24, 100472. <https://doi.org/10.1016/j.measen.2022.100472/>
14. Schuler, A., Făgărășan, I., Calofir, V., Arghira, N., Simoiu, M. S., & Iliescu, S. S. (2024). New trends in automation applied to monitor and control grain quality in silos. 2022 IEEE International Conference on Automation, Quality and Testing, Robotics (AQTR), 188, 1–6. <https://doi.org/10.1109/aqtr61889.2024.10554103/>
15. Голубев, Л.П., Ківа, І.Л. (2020). Удосконалення автоматизованої системи сушки зерна без ворущіння. Прикладні питання математичного моделювання, Том 3, №2.2, 105–112.
16. Квітка, С. О., & Постнікова, М. В. (2018). Проектування внутрішньої силової розподільчої мережі. Вибір та перевірка пуско-захисної апаратури». Мелітополь: ТДАТУ.
17. Дипломне проектування зі спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Методичні рекомендації. Частина 2 «Проектування внутрішньої силової розподільчої мережі. Вибір та перевірка пуско-захисної апаратури» для здобувачів ступеня вищої освіти «Бакалавр» / С.О. Квітка, М.В. Постнікова. – Мелітополь: ТДАТУ, 2018. – 76 с.
18. Семерня О.В., Василенко О.О., Хворост Т.В, Кіндя О.П. (2023). Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» у кваліфікаційній

роботі здобувачами вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузь знань 14 «Електрична інженерія» денної та заочної форм навчання. - Суми: СНАУ, 2023.– 14 с.

19. Федоренко, С. В., Тишковець, В. П. (2017). Особливості охорони праці на підприємстві: економічні аспекти розвитку. Економіка та держава, 1/2017, 56–58.

20. Журило, І. В., & Полтавець, М. М. (2017). Економіка та організація виробництва: Методичні вказівки до вивчення курсу для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Кропивницький: ЦНТУ.

ДОДАТКИ