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.

КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ

за першим бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Реконструкція системи електрифікації цеху з переробки зерна ТОВ «Грід-Інжиніринг», Львівська обл. Пустомитівський район, с. Наварія з розробкою автоматизованої системи керування технологічною лінією»

Виконав _____ Письменний Д. А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Група ГЕЕ 2101 с.т.

Керівник: _____ Вольвач Т. С.
(підпис) (прізвище, ініціали)

_____ Сіренко В.Ф
(підпис) (прізвище, ініціали)

Суми – 2024

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

Ступінь вищої освіти **«Бакалавр»**
Спеціальність **141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
завідувач кафедри енергетики та
електротехнічних систем
доцент _____ Чепіжний А.В.
(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНИЙ ПРОЕКТ
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Письменному Дмитру Анатолійовичу
(прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема (бакалаврського) проекту: «*Реконструкція системи електрифікації цеху з переробки зерна ТОВ «Грід-Інжиніринг», Львівська обл. Пустомитівський район, с. Наварія з розробкою автоматизованої системи керування технологічною лінією»*

керівники проекту: *Вольвач Тетяна Сергіївна, асистент*
Сіренко Віктор Федорович, к.т.н., доцент
затверджено наказом по університету від «___» _____ *2024 р. №*_____.

2. Термін подання здобувачем закінченого проекту «20» травня 2024 р.

3. Вихідні дані до проекту *Матеріали обстеження об'єкту, технічна література, нормативна документація, державні стандарти.*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)
Вступ.
1. Аналіз виробничої діяльності ТОВ «ГРІД-ІНЖИНІРИНГ»
2. Опис прийнятої технології виробничих процесів
3. Розрахунок і вибір електроустаткування цеху з переробки зерна
4. Проектування внутрішньої електромережі цеху
5. Проектування системи автоматизованого керування технологічним процесом
6. Охорона праці
7. Екологія
8. Економічне обґрунтування

5. Перелік графічного матеріалу (з точною вказівкою обов'язкових креслень)
1. Цех з переробки зерна. Лінія очищення зернових. Схема технологічна.
2. Цех з переробки зерна. Лінія очищення зернових. Схема електрична розташування.
3. Цех з переробки зерна. Лінія очищення зернових. Мережа розподільча електросилова. Схема електрична принципова.
4. Лінія очищення зернових. Система керування автоматизована. Схема електрична принципова.
5. Показники техніко-економічні. Таблиця.

6. Консультанти розділів проекту (з вказівкою розділів, що відносяться до проекту)

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційного проекту	Строк виконання етапів кваліфікаційного проекту	Примітки
1	Збір інформації про діяльність господарства	05.09.2023 р. – 30.09.2023 р.	
2	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	02.10.2023 р. – 02.12.2023 р.	
3	Складання плану роботи	04.12.2023 р. – 09.12.2023 р.	
4	Написання вступу та розділу 1	11.12.2023 р. – 21.12.2023 р.	
4	Написання розділів 2 та 3. Підготовка листа 1 та 2 графічної частини.	05.02.2024 р. – 02.03.2024 р.	
5	Написання розділів 4, 5 та 6. Підготовка листів 3 та 4 графічної частини.	04.03.2024 р. – 06.04.2024 р.	
6	Написання розділів 7 та 8. Підготовка листа 5 графічної частини.	08.04.2024 р. – 04.05.2024 р.	
8	Написання висновків	06.05.2024 р. – 11.05.2024 р.	
9	Подання проекту на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 13.05.2024 р.	
10	Подання проекту на рецензування	до 20.05.2024 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2024 р.	

Здобувач вищої освіти _____ (*Письменний Д. А.*)
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівники кваліфікаційного проекту _____ (*Вольвач Т. С*)
(підпис) (прізвище, ініціали)

_____ (*Сіренко В. Ф*)
(підпис) (прізвище, ініціали)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	К-ть листів	Номер листа	Примітки
1	А4	КП.06.3.007.ПЗ	Реконструкція системи електрифікації	50	3	
2			цеху з переробки зерна			
3			ТОВ «Грід-Інжиніринг», Львівська обл.			
4			Пустомитівський район, с. Наварія з			
5			розробкою автоматизованої системи			
6			керування технологічною лінією			
7			Кваліфікаційний проект.			
8			Пояснювальна записка.			
9	А1	КП.06.3.007.ТХ	Цех з переробки зерна. Лінія очищення	1	1	
10			зернових. Схема технологічна.			
11	А1	КП.06.3.007.Е7	Цех з переробки зерна. Лінія очищення	1	2	
12			зернових. Схема електрична			
13			розташування.			
14	А1	КП.06.3.007.Е3	Цех з переробки зерна. Лінія очищення	1	3	
15			зернових. Мережа розподільча			
16			електросилова. Схема електрична			
17			принципова.			
18	А1	КП.06.3.007.Е3	Лінія очищення зернових.	1	4	
19			Система керування автоматизована.			
20			Схема електрична принципова.			
21	А1	КП.06.3.007.ТБ	Показники техніко-економічні.	1	5	
22			Таблиця.			
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						
30						

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	КП.06.3.007.ТП		
Розробив		Письменний			Відомість проекту	Літ	Лист 3 / Листів 50
Перевірив		Вольвач				і	
Н.контр.		Рибенко				СНАУ, гр. ГЕЕ 2101 с.т.	
Затверд.		Чепіжний					

РЕФЕРАТ

Реконструкція системи електрифікації цеху з переробки зерна ТОВ «Грід-Інжиніринг», Львівська обл. Пустомитівський район, с. Наварія з розробкою автоматизованої системи керування технологічною лінією. Кваліфікаційний проект / Письменний Дмитро Анатолійович – Суми.: СНАУ, 2024 р. – 50 с.

Дипломний проект спрямований на модернізацію системи електрифікації цеху з переробки зерна ТОВ «Грід-Інжиніринг». Основні завдання проекту включають аналіз існуючої енергетичної інфраструктури, вибір і розрахунок необхідного електрообладнання та розробку автоматизованої системи керування технологічним процесом.

У процесі аналізу виробничої діяльності підприємства було розглянуто загальні характеристики підприємства, описано технологічні процеси цеху з переробки зерна та проведено аналіз існуючої системи енергозабезпечення.

Для впровадження нової технології було ретельно описано прийняту технологію виробничих процесів, вибрано необхідне обладнання та розроблено технічні вимоги до системи електрифікації цеху. Проект містить вибір електродвигунів, розробку схем розташування електрообладнання та визначення потужностей. Проектування внутрішньої електромережі включало в себе складання схеми живлення, вибір провідників, електромагнітних пускачів та автоматичних вимикачів, що гарантує надійне живлення технологічного обладнання цеху.

Особлива увага була приділена розробці системи автоматизованого керування технологічним процесом, з описом принципової електричної схеми та складанням специфікації на необхідні компоненти.

Ключові слова: електрифікація, переробка зерна, автоматизована система керування, електродвигуни, електромережа, технологічні процеси, електрична схема, енергозабезпечення, безпека праці.

Ілл. 4 Табл. 4 Бібл. 21

ЗМІСТ

ВСТУП 8

1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «ГРІД-ІНЖИНІРИНГ» .. 9

1.1. Загальні відомості про підприємство 9

1.2. Опис цеху з переробки зерна 11

1.3. Аналіз системи енергозабезпечення цеху 12

1.4. Висновки та пропозиції 13

2. ОПИС ПРИЙНЯТОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ 15

2.1. Прийнята технологія виробничих процесів 15

2.2. Характеристика приміщень цеху 18

2.3. Вибір технологічних машин та їх розташування 18

2.4. Технологічні вимоги до системи електрифікації цеху 19

3. РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ ЦЕХУ З ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА 21

3.1. Вибір електродвигунів для технологічних машин 21

3.2. Перевірочний розрахунок потужності електродвигуна для приводу гідравлічного автомобілепідйомника 21

3.3. Розробка схеми розташування силового електроустаткування 26

4. ПРОЕКТУВАННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ ЦЕХУ 27

4.1. Складання схеми живлення електроустаткування цеху з переробки зерна 27

4.2. Визначення розрахункових навантажень 28

4.3. Вибір провідників для живлення електроустаткування цеху 30

4.4. Вибір електромагнітних пускачів для електроустаткування цеху 30

4.5. Вибір автоматичних вимикачів для електроустаткування цеху 32

4.5. Вибір низьковольтних комплектних пристроїв керування 33

5. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ 34

5.1. Технологічні вимоги до системи а автоматизації..... 34

5.2. Опис принципової електричної схеми керування процесом очищення зернової маси 35

5.3. Складання специфікації на перелік елементів схеми..... 36

6. ОХОРОНА ПРАЦІ 37

7. ЕКОЛОГІЯ 41

8. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ..... 44

ВИСНОВКИ 47

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ..... 48

ВСТУП

Реконструкція системи електрифікації цеху з переробки зерна ТОВ «Грід-Інжиніринг» Пустомитівського району Львівської області, має велике значення для підвищення ефективності та надійності роботи підприємства. Перш за все, модернізація електричної системи дозволить забезпечити стабільне та безперебійне постачання електроенергії до всіх технологічних вузлів, що є критично важливим для безперервної роботи цеху. Це знижує ризики простоїв та втрат продуктивності, що, в свою чергу, сприяє підвищенню загальної економічної ефективності виробництва.

Інтеграція автоматизованої системи керування технологічною лінією дозволить значно підвищити рівень контролю за виробничими процесами. Автоматизація забезпечить більш точне і швидке реагування на будь-які зміни у виробничому процесі, що підвищить якість продукції та зменшить кількість відходів. Крім того, автоматизована система допоможе оптимізувати витрати енергії, що є важливим фактором у зниженні виробничих витрат та підвищенні конкурентоспроможності підприємства. Також реконструкція системи електрифікації з впровадженням автоматизованої системи керування сприятиме підвищенню безпеки на виробництві. Сучасні електротехнічні рішення забезпечують більш високий рівень захисту обладнання та персоналу від можливих аварійних ситуацій, що знижує ризик травматизму і забезпечує більш сприятливі умови праці для працівників.

Реконструкція системи електрифікації та впровадження автоматизованої системи керування технологічною лінією на цеху з переробки зерна ТОВ «Грід-Інжиніринг» є стратегічно важливим кроком, що сприятиме підвищенню ефективності, безпеки та екологічної відповідальності підприємства, забезпечуючи його стабільний розвиток у довгостроковій перспективі.

1. АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ТОВ «ГРІД-ІНЖИНІРИНГ»

1.1. Загальні відомості про підприємство

ТОВ «ГРІД-ІНЖИНІРИНГ» засноване у 2018 році. Зареєстроване підприємство у Пустомитівському районі Львівської області, а сему в населеному пункті Наварія. Директором підприємства є Телюк Віталій Ярославович [1].

ТОВ «ГРІД-ІНЖИНІРИНГ» займається різноманітною господарською діяльністю, що охоплює кілька галузей промисловості та надання послуг. Основним напрямком компанії є діяльність у сфері інжинірингу, геології та геодезії, а також надання послуг технічного консультування в цих сферах. Компанія також спеціалізується на виробництві електромонтажних пристроїв, іншого електричного устаткування, електророзподільчої та контрольної апаратури, що свідчить про її високий технічний потенціал і компетенції у сфері виробництва електротехнічної продукції.

Крім того, «ГРІД-ІНЖИНІРИНГ» активно займається електромонтажними роботами, що дозволяє їй пропонувати повний спектр послуг від виробництва до встановлення і обслуговування електротехнічного обладнання. Діяльність компанії також охоплює оптову торгівлю, зокрема, комп'ютерами, периферійним устаткованням, програмним забезпеченням, електронним і телекомунікаційним устаткованням, а також іншими машинами й устаткованням. Це свідчить про широку торговельну діяльність та можливості постачання різноманітної технічної продукції.

Компанія також активно займається посередництвом у торгівлі машинами, промисловим устаткованням, суднами та літаками, а також товарами широкого асортименту, що розширює її можливості на ринку. Важливим аспектом діяльності є комп'ютерне програмування та консультування з питань інформатизації, що вказує на її компетенції у сфері інформаційних технологій.

Дослідження й експериментальні розробки у сфері природничих і технічних наук є ще одним ключовим напрямком діяльності компанії, що сприяє її інноваційному розвитку. Інша професійна, наукова та технічна діяльність додатково підкреслює різнобічність і багатопрофільність ТОВ «ГРІД-ІНЖИНІРИНГ». Такий широкий спектр діяльності дозволяє компанії займати стійкі позиції на ринку та ефективно реагувати на потреби клієнтів у різних галузях.

Результати фінансової діяльності підприємства показано в таблиці 1.1 та на рис. 1.1 [2].

Таблиця 1.1. – Результати фінансової діяльності підприємства за 2020-2023 рр.

Показники	2020 рік	2021 рік	2022 рік	2023 рік
Дохід, тис грн	11224,6	26002,5	31707,1	57745,5
Чистий прибуток, тис. грн	594,2	1366,7	1457,8	3735,3
Активи, тис. грн	9090,1	18823,8	20427,6	22913,4
Зобов'язання, тис. грн	7287	14268,1	14349,7	13099,9

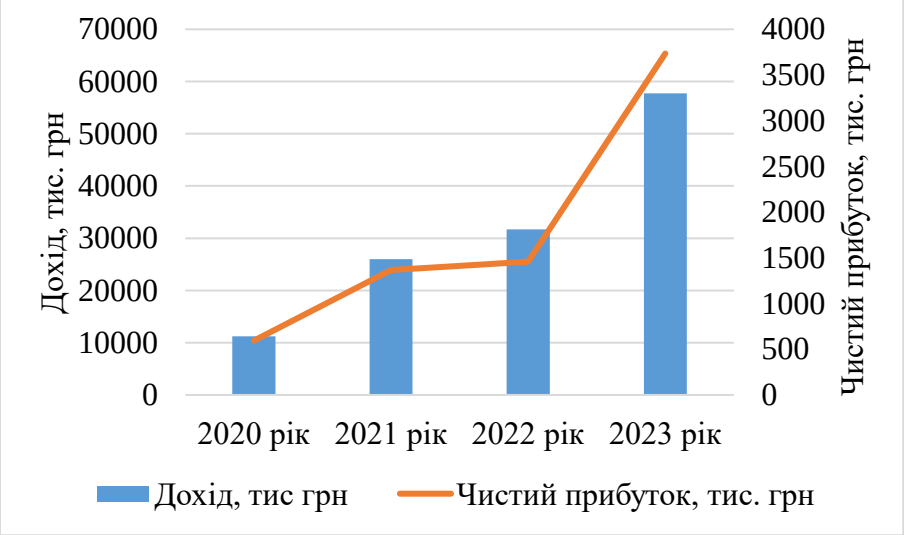

Рис. 1.2. Результати фінансової діяльності підприємства за 2020-2023 рр.

Аналіз фінансової діяльності ТОВ «ГРІД-ІНЖИНІРИНГ» за період з 2020 по 2023 роки показує значний ріст як доходів, так і чистого прибутку компанії. У 2020 році дохід складав 11 224,6 тис. грн, а до 2023 року він зріс до 57 745,5 тис. грн. Це свідчить про стабільне зростання бізнесу, оскільки дохід зріс більш ніж у п'ять разів за чотири роки.

Чистий прибуток також демонструє позитивну динаміку. У 2020 році компанія отримала 594,2 тис. грн чистого прибутку, а в 2023 році цей показник зріс до 3 735,3 тис. грн. Хоча у 2021 та 2022 роках чистий прибуток зростав менш стрімко порівняно з доходами, загальна тенденція все ж позитивна. Зростання прибутку свідчить про підвищення ефективності управління та здатність компанії генерувати прибуток зі збільшенням доходів.

Активи компанії також збільшилися з 9 090,1 тис. грн у 2020 році до 22 913,4 тис. грн у 2023 році. Це вказує на розширення ресурсної бази підприємства, що може бути результатом як внутрішнього розвитку, так і залучення зовнішніх інвестицій.

Зобов’язання компанії мали коливання. У 2020 році вони становили 7 287 тис. грн, зростаючи до 14 268,1 тис. грн у 2021 році та до 14 349,7 тис. грн у 2022 році. Проте у 2023 році зобов'язання знизилися до 13 099,9 тис. грн. Зниження зобов'язань при зростанні активів і доходів вказує на покращення фінансової стійкості компанії та зменшення залежності від зовнішніх джерел фінансування.

Таким чином, фінансова діяльність ТОВ «ГРІД-ІНЖИНІРИНГ» протягом 2020-2023 років демонструє стійке зростання доходів, прибутку та активів, а також позитивну динаміку зниження зобов'язань. Це свідчить про успішне управління підприємством та його ефективне функціонування на ринку.

1.2. Опис цеху з переробки зерна

Цех з переробки зерна відіграє ключову роль у агропромисловому комплексі, забезпечуючи підготовку зернових культур для подальшого

використання у харчовій промисловості, кормовому виробництві та інших галузях. Основна мета цеху – підвищення якості зерна, його очищення від домішок, сортування за розмірами та якісними характеристиками, а також підготовка до зберігання або подальшої переробки.

У процесі переробки зерна виконуються кілька важливих операцій. Перш за все, зерно очищується від сторонніх домішок, таких як пил, сміття, насіння бур'янів, камінці та інші непотрібні елементи. Це здійснюється за допомогою механічних, повітряних і магнітних сепараторів. Потім зерно проходить процес сушіння, який забезпечує зниження вологості до оптимального рівня, що дозволяє уникнути псування під час зберігання.

Наступним етапом є сортування зерна за розмірами та якісними показниками, що дозволяє відокремити високоякісне зерно від низькосортного. Після цього зерно може піддаватися шліфуванню та поліруванню, що покращує його зовнішній вигляд і підвищує ринкову вартість. Також важливим етапом є зберігання зерна у спеціально обладнаних силосах або складах, де підтримуються оптимальні умови для зберігання.

Додатково, в цеху з переробки зерна можуть виконуватися операції з обробки зерна для отримання різних видів продукції, таких як борошно, крупи, комбікорми та інші продукти харчування. Це включає млинну переробку, плющення, дроблення та інші технологічні процеси, які забезпечують виготовлення кінцевої продукції з високими споживчими властивостями.

Загалом, діяльність цеху з переробки зерна є критично важливою для забезпечення стабільного постачання якісних зернових продуктів на ринок, підвищення ефективності агропромислового виробництва та забезпечення продовольчої безпеки.

1.3. Аналіз системи енергозабезпечення цеху

Система електрифікації цеху з переробки зерна потребує суттєвого оновлення та модернізації. Наразі річне споживання електроенергії цеху

становить 146639 кВт·год, а парк електрообладнання оцінюється в 560 умовних одиниць. У цеху використовуються електродвигуни з короткозамкненим ротором та автоматизованим електроприводом для видалення домішок із зерна, проте управління цими двигунами здійснюється оператором вручну.

Електропостачання здійснюється від трансформаторної підстанції через мережу, виконану кабелем типу АВВГ. Захист електродвигунів забезпечується автоматичними вимикачами типу А37 та ВА51Г, а для дистанційного управління встановлено магнітні пускачі ПМЕ та ПМЛ. Захист від тривалих перевантажень забезпечується тепловими реле ТРН та РТЛ.

Попри це, рівень автоматизації залишається низьким і не відповідає сучасним вимогам. Тип та стан електрообладнання значно застаріли, що негативно впливає на ефективність роботи цеху та безпеку працівників. Електросилова та освітлювальна мережа потребують повної заміни для забезпечення надійної та безпечної роботи. Також на даний момент умови охорони праці не забезпечують належного рівня захисту працівників, що є серйозним недоліком і потребує негайного вирішення.

1.4. Висновки та пропозиції

Система електрифікації цеху з переробки зерна в її теперішньому стані не відповідає сучасним вимогам. Це включає застаріле електрообладнання, недостатню автоматизацію, зношену електросилову та освітлювальну мережу, а також незадовільні умови охорони праці. Наявність електродвигунів з короткозамкненим ротором з автоматизованим електроприводом, керування якими здійснюється оператором, є свідченням низького рівня автоматизації. Використання магнітних пускачів і теплових реле для захисту двигунів також вказує на потребу в модернізації.

Рекомендації для покращення системи електрифікації включають:

- встановлення сучасних електродвигунів з підвищеною енергоефективністю та автоматизованими системами управління;

- впровадження передових систем автоматизації, що дозволять зменшити втручання оператора та підвищити точність і надійність роботи обладнання;

- заміна застарілих кабелів та захисних пристроїв на більш сучасні та надійні аналоги;

- встановлення сучасних систем охорони праці, що включають аварійні вимикачі, датчики стану обладнання та інші засоби захисту працівників;

- впровадження заходів для зниження енергоспоживання, таких як використання енергоощадного обладнання та оптимізація режимів роботи;

Загалом, модернізація системи електрифікації дозволить підвищити ефективність роботи цеху, зменшити витрати на електроенергію та покращити умови праці, що в свою чергу сприятиме підвищенню загальної продуктивності та безпеки на виробництві.

2. ОПИС ПРИЙНЯТОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

2.1. Прийнята технологія виробничих процесів

Цех з переробки зерна складається з трьох відділень: відділення для приймання зерна, відділення для очистки зерна та відділення тимчасового зберігання перед переробкою [3-5]. Схема технологічного процесу наведена на листі графічної частини №1.

Робота приймального відділення здійснюється наступним чином. Зерновий матеріал з завальної ями подається на машини попереднього очищення (МПО-50) за допомогою двох стабілізаторів та норії. Попередньо очищений матеріал з першої машини (правої за ходом зерна) спрямовується по зернопроводах до другого потоку норії та далі через розподільник у норію відділення тимчасового зберігання. Попередньо очищений матеріал з другої машини (МПО-50) спрямовується по зернопроводу до першого потоку норії для подальшого очищення. Великі і легкі домішки, відокремлені машиною попереднього очищення, самопливом надходять у бункери відходів, після чого розвантажуються в автотранспорт. Контроль заповнення бункерів відходами здійснюється за допомогою датчиків рівня. Регулювання подачі матеріалу на обробку здійснюється стабілізаторами відповідно до показників приладу контролю продуктивності.

Робота зерноочисного відділення організована наступним чином. Завантаження зерноочисного відділення агрегату може здійснюватися з приймального відділення або відділення тимчасового зберігання через перший потік норії 5. На виході першого потоку норії 5 встановлено подільник, який механічно розділяє зерновий матеріал на два потоки, що спрямовуються до обох блоків машини первинного очищення 17 (МЗП-50-1). Залежно від ступеня забрудненості і призначення зернового матеріалу передбачені три технологічні схеми роботи зерноочисного відділення.

1 схема. Повітряно-решітне очищення фуражного або продовольчого зерна. Початковий матеріал не містить довгих і коротких домішок, тому трієрне очищення не потрібне. Продуктивність складає 50 т/год. Використовується наступне обладнання: машина попереднього очищення МПО-50, норії 5, 7, 8, а при необхідності – транспортери трієрних блоків у реверсивному режимі для збільшення завантаження бункерів. Машиною МЗП-50-1 відокремлюються легкі домішки повітряного очищення і підсів, а також проходження верхнього ярусу решіт (обидві фракції спрямовуються в бункер відходів 18, контроль заповнення якого здійснюється за допомогою датчика); фураж, що проходить через середній ярус решіт (2-й сорт), спрямовується з обох блоків МЗП-50-1 у перший потік норії 8 і далі в бункер фуражу 16; великі домішки, що сходять з нижніх ярусів решіт, спрямовуються у другу гілку норії 7 через розподільник до бункера відходів 18; очищений матеріал (1-й сорт), що проходить через нижні яруси решіт, спрямовується у дві гілки норій 7 і 8 і далі через розподільники по зернопроводах надходить до бункера 15. У разі переповнення бункера 15 очищеним зерном, його можна транспортувати у відділення тимчасового зберігання, відкриваючи електрозасувки і спрямовуючи потік у вільну гілку норії 10, з подальшим завантаженням вільної місткості відділення тимчасового зберігання 12 за допомогою верхнього транспортера 11.

2 схема. Фракційне очищення продовольчого зерна. Початковий матеріал містить домішки, для відокремлення яких потрібне трієрне очищення. Використовується наступне обладнання: норія 5, машина 17 (МЗП-50-1), норії 7 і 8, та трієрні блоки 9. У першому блоці всі чотири циліндри працюють паралельно для видалення довгих домішок. Другий і третій трієрні блоки працюють послідовно: верхні циліндри видаляють довгі домішки, а нижні - короткі. Машиною первинного очищення 17 видаляються легкі домішки повітряного очищення і підсів (прохід з верхнього ярусу решіт), обидві фракції спрямовуються в бункер відходів 18. Основний матеріал з частиною довгих і коротких домішок (прохід із середнього ярусу решіт) з обох блоків направляється в перший потік норії 8 і розподіляється на два трієрні блоки.

Очищений матеріал (прохід з нижнього ярусу решіт) спрямовується в першу і другу гілки норій 7 і 8, а потім через розподільники по зернопроводах потрапляє в бункер очищеного зерна 15. Основний матеріал з великими домішками (схід з решіт нижніх ярусів) спрямовується у другу гілку норії 7, через розподільник до першого трієрного блоку, де видаляються великі домішки і направляються шнеком в бункер 16. Цю схему можна застосовувати для обробки початкового матеріалу без домішок, що потребують трієрного очищення, що дозволяє підвищити продуктивність агрегату до 50-60 т/год.

3 схема. Робота машини первинного очищення в комбінації з усіма трієрами, що працюють послідовно. Призначення матеріалу - продовольче зерно з високим вмістом довгих і коротких домішок. Використовується обладнання: норія 5, машина МЗП-50-1, норії 7, 8, трієрні блоки 9 для виділення довгих і коротких домішок. Продуктивність складає 30 т/год. Блоки машини первинного очищення МЗП-50-1 налаштовують на режим, який відповідає першій схемі, але з меншою продуктивністю. Очищений матеріал після машини МЗП-50-1 розподіляється на два потоки, які спрямовуються до норій 7 і 8, а потім розподільниками поділяються на три трієрні блоки. Заслінки розподільників встановлюють таким чином, щоб по третині зернового потоку від кожного з них потрапляло на середній трієр. Решта дві третини кожного потоку спрямовуються на перший і третій трієри. Від трієрних блоків очищений матеріал надходить до бункера 15, а довгі і короткі домішки виводяться до бункерів фуражу 16.

В роботі відділення тимчасового зберігання використовуються аеровані бункери з місткістю 400 т для накопичення попередньо очищеного зерна та забезпечення запасу на нічний період. Також проводиться оперативне зберігання очищеного зерна та аерація, яка забезпечує збереження матеріалу протягом 24 годин. Приймається зерно з вологістю не більше 25%. Система аерації здійснюється за допомогою вентилятора, який подає повітря через труби у аерожолоб при закритих електрозасувках. Інтенсивність аерації контролюється за допомогою заслінки на вході повітря у аерожолобі. Після

завершення очищення зерно пересипають у місткості відділення для тривалого зберігання або проводять аерацію або перевантаження з однієї місткості в іншу. Для розвантаження використовується верхній транспортер, норія 10, вивантажувальний транспортер та відкриття електрозасувки з заданою продуктивністю. Після цього матеріал направляється на вільну місткість. Для розвантаження місткостей напряму в оперативні бункери чистого зерна для подальшого вивантаження в автотранспорт або на остаточне очищення.

2.2. Характеристика приміщень цеху

Будівля зерноочисного пункту складається з одноповерхового блоку розмірами 8,5 х 36 метрів. Вона включає в себе під навісом розвантажувальний пристрій для приймання зерна з автотранспорту. Зерноочисне відділення та відділення тимчасового зберігання розташовані всередині будівлі, разом із площадками для розміщення зерноочисного обладнання та місцями обслуговування. Кабіна оператора також розташована на площадці для зерноочисних машин. Клас приміщення – III, степінь вогнестійкості – V, степінь довговічності – III [5, 6].

Зерноочисний пункт обробки зерна на базі ЗАВ – 50 спроектований з використанням наступних будівельних матеріалів. Фундамент під колони складається з монолітного бетону та залізобетону, а під обладнання - з бетону. Каркас будівлі виготовлений з металу та комплектується технологічним обладнанням ЗАВ. Стіни та покрівля складаються з хвилястих азбоцементних листів однакового профілю, які вкладені в дерев'яну обрамівку. Підлога в проходах викладена асфальтобетоном, а на площадках - дерев'яна.

2.3. Вибір технологічних машин та їх розташування

Відповідно до обраної технології та необхідної продуктивності, проводимо вибір та розстановку технологічного обладнання. Встановлено наступне

обладнання: автомобілепідйомник, стабілізатор, система аерації, транспортер, зернова норія, машина попереднього очищення, машина первинного очищення, трієрний блок, система аспірації, транспортер, норія зерна.

Таблиця 2.1 – Параметри технічного обладнання [5]

Назва обладнання	Продуктивність, т/г	Споживана потужність кВт
Автомобілепідйомник	-	19
Стабілізатор	15-60	2,2
Система аерації	12000 $м^3$/год	15
Транспортер	50	4
Норія зернова	100	11
Машина попереднього очищення	50	7,5
Арматура металева		
Машина первинного очищення	50	4,5
Блок трієрний	10	2,2
Система аспірації	14500 $м^3$/год	11
Транспортер	50	4
Норія зерна	48	4
Відділення тимчасового зберігання	400т	-
Комплект зернопроводів	-	-

2.4. Технологічні вимоги до системи електрифікації цеху

У відповідності до прийнятої технології виробничих процесів до системи електрифікації цеху з переробки зерна ставимо наступні вимоги:

1. Вибране обладнання має відповідати виробничій технології та забезпечувати необхідну продуктивність.

2. Силові розподільні пункти, шафи і пульти управління повинні розташовуватись в окремому приміщенні.

3. Усі машини та механізми мають бути обладнані електроприводом на базі асинхронних двигунів серії АІР, відповідно до реальних умов експлуатації.

4. Розподільні мережі повинні бути мінімальної довжини, з використанням відповідних матеріалів і способів прокладання з урахуванням умов середовища.

5. Для комутації та захисту електромереж потрібно використовувати сучасну апаратуру управління і захисту.

6. Освітлення приміщень має відповідати нормам освітленості, з використанням відповідної лампової апаратури.

7. Електропостачання здійснюється з трансформаторної підстанції згідно з визначеними стандартами.

8. Машини повинні бути пристосовані для обробки різних видів сільськогосподарських культур.

9. Машини мають бути універсальними, безпечними в експлуатації та відповідати вимогам безпеки, пожежної безпеки та санітарії.

10. Пошкодження зерна в процесі обробки повинно бути мінімальним.

11. Прийняті рішення повинні бути обґрунтовані техніко-економічними розрахунками.

12. Забезпечення безпечних умов праці та охорона навколишнього середовища є обов'язковими.

3. РОЗРАХУНОК І ВИБІР ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ ЦЕХУ З ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА

3.1. Вибір електродвигунів для технологічних машин

Технічна характеристика вибраних електродвигунів які застосовуються для приводу технологічної лінії очистки зерна наведена в таблиці 3.1 [7-9].

Таблиця 3.1. Технічна характеристика вибраних електродвигунів які застосовуються для приводу технологічної лінії очистки зерна

Тип обладнання	Тип електродвигуна	К-ть	$P_н$ кВт	$n_н$, об/хв	$\eta_н$ %	$\cos\varphi_н$	$\mu_п$	$\mu_{мін}$	$\mu_{мак}$	$\kappa_і$
Автомобілепідйомник	4АМС180М6У1	1	19	950	84,5	0,9	1,9	1,5	2,1	6,5
Стабілізатоз	АИР90L4УПУ3	1	2,2	1430	81	0,83	2,1	1,6	2,2	6,5
Система аерації	АИР112МВ6УПУ3	1	4	950	82	0,81	2,0	1,6	2,2	6,0
Транспортер	АИР112МВ6УПУ3	1	4	950	82	0,81	2,0	1,6	2,2	6,0
Норія зернова	АИР132М6УПУ3	1	7,5	960	85,5	0,81	2,0	1,6	2,2	7,0
Машина попереднього очищення	АИР80В6УПУ3	1	1,5	1395	78,0	0,83	2,2	1,6	2,2	5,5
	АИР100S4УПУ3	1	3	1410	82,0	0,83	2,0	1,6	2,2	7,0
Машина первинного очищення	АИР100L6УПУ3	1	2,2	945	81,0	0,74	2,0	1,6	2,2	6,0
Блок трієрний	АИР160S2УПУ3	1	15	2910	90	0,89	1,8	1,7	2,7	7,0
Система аспірації	АИР132М4УПУ3	1	11	1450	87,5	0,87	2,0	1,6	2,2	7,5
Транспортер	АИР100L4УПУ3	1	4,0	1410	85	0,84	2,0	1,6	2,2	7,0
Норія зерна	АИР132М2УПУ3	1	11	2910	88	0,9	1,6	1,2	2,2	7,5

3.2. Перевірочний розрахунок потужності електродвигуна для приводу гідравлічного автомобілепідйомника

У системі У-15-УРВС використовується лопатевий насос Г12-23, який приводиться в рух за допомогою електродвигуна [5]. Потужність, що передається на привідний вал насосу, розраховується за наступною формулою:

$$P_{нас} = \frac{Q_н \cdot H_н \cdot \gamma}{\eta_н}, \qquad (3.1)$$

де $Q_н$ – подача насоса автомобілепідйомника, $Q_н = 0,0012\ м^3 / с$ [7];

$H_н$ – величина повного напору насосу, м, $H_н = 800\ м$ [7];

γ – питома вага робочої рідини, Н/м^3, $\gamma = 8800\ Н / м^3$ [7];

$\eta_н$ – ККД насосу автомобілепідйомника, $\eta_н = 0,6$ [7].

$$P_{нас} = \frac{0,0012 \cdot 800 \cdot 8800}{0,6} = 13493\ Вт.$$

Характеристика механізму визначається за допомогою рівняння [7]:

$$M_о = M_{зр} + \left(M_{о.н} - M_{зр}\right) \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_н}\right)^x, \qquad (3.2)$$

де $M_{зр}$ – момент зрушення робочого органу, Нм;

$M_{о.н}$ – момент опору при номінальній кутовій швидкості, Нм;

$M_{зр}$ – початкова кутова швидкість (в радіанах за секунду);

ω – номінальна кутова швидкість (в радіанах за секунду);

$\omega_н$ – показник степеня, що відображає залежність статичного моменту опору від кутової швидкості [7].

$$M_{зр} = (0,2...0,3) M_{о.н}; \qquad (3.3)$$

$$M_{о.н} = \frac{P_{нас}}{\omega_н}; \qquad (3.4)$$

$$\omega_н = \frac{\pi \cdot n_н}{30}; \quad (3.5)$$

$$\omega_н = \frac{3{,}14 \cdot 950}{30} = 99{,}4\ c^{-1};$$

$$M_{о.н} = \frac{13493}{99{,}4} = 135{,}7\ Н \cdot м;$$

$$M_{зр} = 0{,}25 \cdot 135{,}7 = 33{,}9 Н \cdot м.$$

Тоді вираз (3.2) матиме вигляд:

$$M_c = 33{,}9 + (135{,}7 - 33{,}9) \cdot \left(\frac{\omega}{104{,}7} \right)^2.$$

Розрахунок механічної характеристики насосу виконуємо табличним способом. Результати розрахунку наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2. Розрахунок механічної характеристики насосу автомобілепідйомника

ω	с-1	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110
М	Н·м	33,9	34,8	37,6	42,3	48,8	57,1	67,4	79,5	93,3	109	127	146

Механічна характеристика електродвигуна насосу автомобілепідйомника наведена на рис. 3.1.

Для побудови навантажувальної діаграми потрібно врахувати час пауз між підняттям кожної машини автомобілепідйомником. Цей час визначається як період між завершенням підняття однієї машини та початком підняття

наступної. У даному випадку час паузи буде рівним сумі часу підняття машини (75 секунд) та часу опускання платформи (20 секунд), оскільки підіймач може розвантажувати автомобілі лише після завершення опускання платформи.

$$t_{\text{п}} = \frac{3600 - (t_{\text{під}} + t_{\text{опу}}) \cdot n}{n}, \tag{3.6}$$

де $t_{\text{під}}$ - час, протягом якого піднімається платформа, що дорівнює 75 секундам.

$t_{\text{опу}}$ - час, за який опускається платформа, рівний 20 секундам.

n - кількість автомобілів, які автопідйомник може розвантажити протягом години, що становить 15 шт.

$$t_{\text{п}} = \frac{3600 - (75 + 20) \cdot 15}{15} = 145\, c.$$

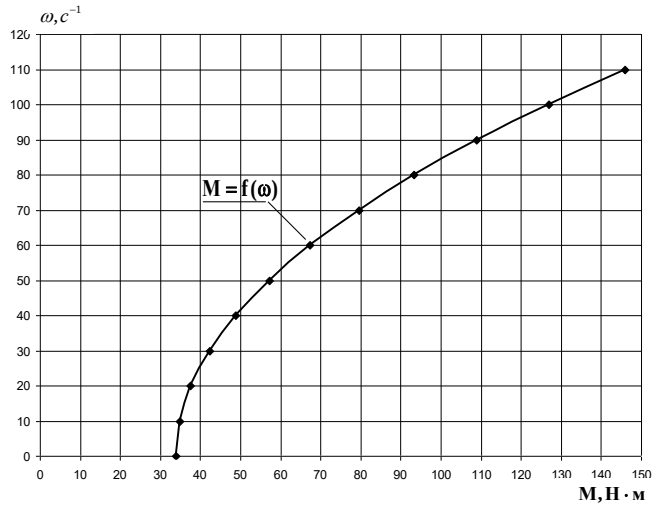

Рис. 3.1. Механічна характеристика електродвигуна насосу автомобілепідйомника

Визначаємо розрахункове значення потужності електроприводу автомобілепідйомника:

$$P_{дв.роз} = \frac{Q_н \cdot H_н \cdot \gamma}{\eta_н \cdot \eta_{пер}} \cdot k_з, \qquad (3.7)$$

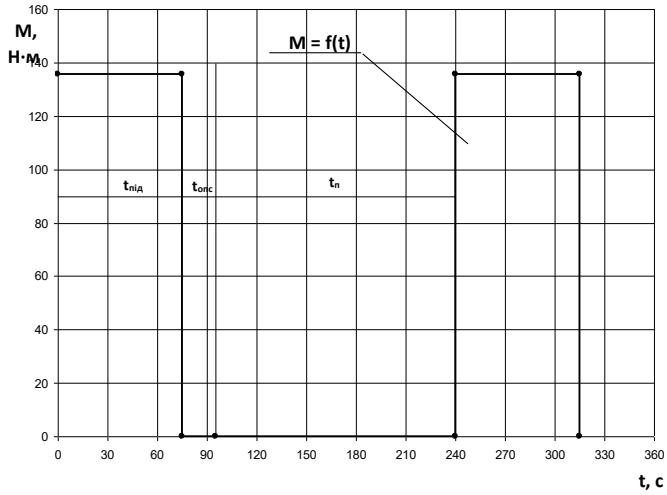

Рис. 3.2. Навантажувальна діаграма електроприводу автомобілепідйомника

$$P_{дв.роз} = \frac{0,0012 \cdot 800 \cdot 8800}{1 \cdot 0,6} \cdot 1,15 = 16192\ Вт.$$

Режим роботи електродвигуна автопідйомника є повторно-короткочасним, позначається як S3. Для визначення фактичної тривалості вмикання електродвигуна використовується наступна формула.

$$ТВ_{\%фак} = (\frac{t_{під}}{t_{під} + t_{опс} + t_{п}} \cdot 100\%); \qquad (3.8)$$

$$ТВ_{\%фак} = \frac{75}{75 + 20 + 145} \cdot 100\% = 31,3\%.$$

Оскільки отримане значення періоду вмикання не відповідає стандартним, ми обираємо найближче більше стандартне значення для режиму роботи S3 при відносному тривалому вмиканні 40%. Вибір двигуна проводиться відповідно до умови:

$$P_{ндв} \geq P_{дв.роз}, \quad (3.9)$$

$$P_{ндв} = 19\ кВт > P_{дв.роз} = 16{,}192\ кВт.$$

Обираємо двигун з серії 4АМС180М6У1 [9], враховуючи наступні паспортні дані, які наведені в таблиці 3.1.

3.3. Розробка схеми розташування силового електроустаткування

Електрична схема розташування електросилового та технологічного обладнання лінії з переробки зерна наведена на аркуші №2 графічної частини проекту.

4. ПРОЕКТУВАННЯ ВНУТРІШНЬОЇ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ ЦЕХУ

4.1. Складання схеми живлення електроустаткування цеху з переробки зерна

Під час проектування внутрішньої електромережі для цеху з переробки зерна необхідно враховувати кілька ключових аспектів. Перш за все, потрібно зрозуміти потужність та енергоефективність обладнання, яке буде використовуватися в цеху. Це допоможе визначити необхідну ємність трансформаторів та розрахувати оптимальну конфігурацію електромережі.

Також слід враховувати безпеку праці та дотримання всіх нормативів щодо електробезпеки. Це означає правильне розташування електрощитів, використання автоматичних вимикачів та резервних джерел живлення для запобігання можливих аварій та перебоїв у електропостачанні.

Крім того, важливо врахувати потреби в електроживленні на різних етапах виробничого процесу. Наприклад, окремі пристрої можуть вимагати стабільного живлення, тоді як інші можуть працювати з використанням енергозберігаючих режимів.

Необхідно також попередньо передбачити можливі потреби у майбутньому розширенні виробництва та врахувати це при проектуванні електромережі, щоб уникнути необхідності в суттєвих змінах конфігурації в майбутньому.

Нарешті, слід враховувати економічні аспекти, такі як вартість будівництва та експлуатації електромережі, а також можливість використання енергозберігаючих технологій для зниження витрат на електроенергію у майбутньому [6, 8].

Електропостачання зерноочисного агрегату забезпечується за допомогою кабелю АВВГ, який прокладений в землі. Цей кабель має фазні жили перерізом 150 мм² та нульову та захисну жилу перерізом 95 мм². Живлення досягає розподільчого пункту А1, розташованого в електрощитовій. З пункту А1 живлення подається до шаф керування технологічним обладнанням А2, А3, а

також до освітлювальної шафи А4. Схема підключення електрообладнання зображена на рисунку 4.1.

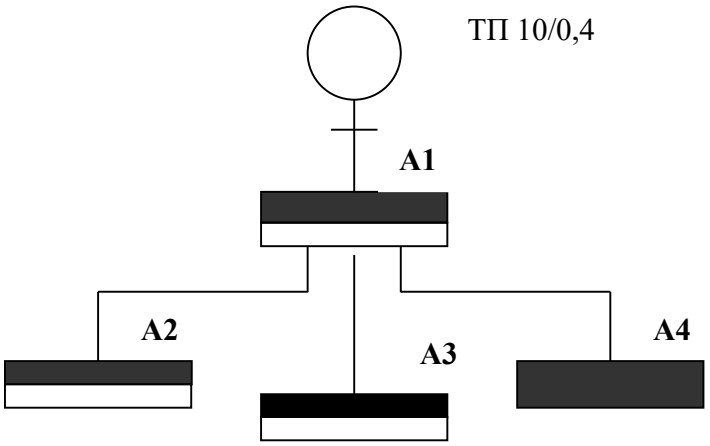

Рис. 4.1. Схема живлення електрообладнання зерноочисного агрегату: А1 – силовий розподільний пункт; А2 – шафа керування автомобілепідйомником; А3 –шафа керування зерноочисним агрегатом; А4 – освітлювальна шафа.

4.2. Визначення розрахункових навантажень

У якості розрахункових струмів розгалужень до окремих споживачів приймаємо їх номінальні струми.

Розрахункові струми групових або магістральних мереж визначаємо за формулою [8]:

$$I_м = K_о \cdot \sum I_н, \qquad (4.1)$$

де $K_о$ - значення коефіцієнту одночасності роботи електроустаткування цеху, приймаємо $K_о = 1,0$;

$\sum I_н$ - сума номінальних струмів електроустаткування цеху з переробки зерна, А.

Струми електроустаткування цеху з переробки зернових будемо визначати за виразами:

$$I_н = \frac{P_н \cdot 10^3}{U_н \cdot \cos\varphi_н}, \quad (4.2)$$

для трихфазних споживачів:

$$I_н = \frac{P_н \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_н \cdot \cos\varphi_н}, \quad (4.3)$$

для трьохфазних асинхронних двигунів:

$$I_н = \frac{P_н \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_н \cdot \cos\varphi_н \cdot \eta_н}, \quad (4.4)$$

Як приклад, виконуємо розрахунок струмів для живлення електродвигуна приводу ЗАВ10.90.000А. Привід здійснюється електродвигуном АИР100L6УПУ3 дані якого приведені в таблиці 3.1.

$$I_н = \frac{2,2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,74 \cdot 0,82} = 5,6 A.$$

Струм магістралі:

$$I_{мА1-А3} = 1 \cdot (5 + 5 + 22 + 16,5 + 16,5 + 22 + 28,5 + 3,52 + 6,7 +$$
$$+3,52 + 6,7 + 8,5 + 8,5 + 5,6 + 5,6 + 5,6 + 22 + 9,2 + 9,2 + 21,1) = 231,2\ A$$

Аналогічно виконуємо розрахунок струмів для інших ліній, живлячих електроустаткування зерноочисного агрегату. Результати розрахунків наведені на схемі розподільчої мережі агрегату на аркуші №2 графічної частини.

4.3. Вибір провідників для живлення електроустаткування цеху

Внутрішні електропроводки повинні бути надійними, зручними та легкодоступними, мати мінімальну довжину, відповідати умовам навколишнього середовища, архітектурним особливостям приміщення та забезпечувати повну безпеку для людей, а також пожежну та вибухову безпеку.

З огляду на категорію приміщень для очищення зерна, обираємо дроти з алюмінієвими жилами. Внутрішні мережі приміщення для очищення зерна виконуються з використанням кабелю АВВГ, прокладеного в трубах.

Перетин проводів та кабелів вибирається відповідно до тривало допустимого струму, виходячи з умов експлуатації [8].

$$I_{тр.доп} \geq I_{р}. \tag{4.5}$$

Як приклад, обираємо кабель для живлення електродвигуна приводу ЗАВ10.90000А – АВВГ(4х2,5) [10]:

$$I_{тр.доп} = 19A;$$

$$I_{тр.доп} = 19A \succ I_{р} = 5,6A.$$

Аналогічно обираємо марки і переріз інших проводів та кабелів, що живлять електроприймачі. Дані про обрані марки та переріз проводів та кабелів наведені на схемі розподільчої мережі зерноочисного агрегату на аркуші графічної частини №2.

4.4. Вибір електромагнітних пускачів для електроустаткування цеху

Вибір магнітних пускачів для електроустаткування цеху з переробки зернових здійснюється за наступними умовами [8]:

1. За типом або серією.

2. За номінальною напругою із умови:

$$U_{н.мп} \geq U_{м}. \quad (4.6)$$

3. За номінальним струмом не спрацювання теплового реле серії РТЛ:

$$I_{нтр} \geq I_{нд}. \quad (4.7)$$

4. За номінальним струмом:

$$I_{н.мп} \geq I_{роз}. \quad (4.8)$$

5. За струмом і напругою котушки втягування магнітного пускача.

6. За числом контактів допоміжного кола.

7. За кліматичним виконанням і категорією розміщення.

Проводимо вибір магнітного пускача для електродвигуна приводу ЗАВ10.90.000А:

1. Приймаємо до встановлення електромагнітний пускач серії ПМЛ з тепловим реле серії РТЛ [11].

2. $U_{н.мп} = 380B = U_{с} = 380B$;

3. $I_{нтр} = 25 \geq I_{нд} = 5,6A$;

4. $I_{н.мп} = 10 \geq I_{роз} \geq 5,6A$;

5. $U_{вк} = 220B$;

6. один замикаючий

7. Ступень захисту IP54, кліматичне виконання та категорія розміщення У3.

Аналогічно проводиться вибір магнітних пускачів для інших електроспоживачів і дані заносяться в таблицю розподільчих мереж розташовану на аркуші графічної частини №2.

4.5. Вибір автоматичних вимикачів для електроустаткування цеху

В розробленій схемі для захисту електродвигунів від струмів короткого замикання, перевантаження використані автоматичні вимикачі з комбінованими розчіплювачами.

Вибір автоматичних вимикачів виконується за наступними показниками і умовами [8].

1. За типом та серією .

2. $U_{н.ав} \geq U_{м}$; (4.9)

3. $I_{н.ав} \geq I_{р.кол.}$ (4.10)

4. $I_{пус.р} = (1,5 \div 1,8) I_{п.ад}$ ..(4.11)

6. За кліматичним виконанням, категорією розміщення, ступенем захисту.

Для прикладу вибираємо автоматичний вимикач для кола захищаючого електродвигун приводу трієрного блоку ЗАВ.10.90.000А .

1.Обираємо автоматичний вимикач типу ВА47-29 [11].

2. $U_{н.ав} = 660B \geq U_{м} = 380B$.

3. $I_{н.ав} = 6,3A \geq I_{р.кол.} = 5,6A$.

4. $I_{н.тр} = 6,3A \geq I_{н.дв} = 5,6A$.

5. $I_{від.мр} = 63A \geq I_{пус.р.} = 60,48A$.

6. Ступень захисту IP54, кліматичне виконання та категорія розміщення У3.

Аналогічно проводиться вибір інших автоматичних вимикачів для захисту інших струмоприймачів. Дані про обрані автоматичні вимикачі наведені на аркуші графічної частини №2.

4.5. Вибір низьковольтних комплектних пристроїв керування

Для прийому та розподілу електричної енергії встановлюємо стандартний силовий розподільчий пункт типу ПР 8501-22-УПУ3 [11] розмістивши його в відділенні для очистки зерна. На вводі установлений автоматичний вимикач QF1 типу ВА51-37-34, а на групових лініях автоматичні вимикачів типу ВА51-31-34, ВА51-35-34, ВА51-31-34. Для керування технологічним обладнанням встановлюємо в диспетчерській шафу керування такого типу ШАА5901-5674-УПУ3 [11], біля автомобілепідйомника шафа керування РУС(А)-5407УХЛ3 [11]. Для керування та захисту освітлювальних пристроїв та обладнання для робочого освітлення обираємо освітлювальний щит А4 типу ЯРН8501-3801УПУ3 [11].

Результати вибору провідників та пускозахисної апаратури показано в розрахунково-монтажній таблиці електричної мережі цеху 0,4 кВ (лист №2 графічної частини проекту).

5. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ

5.1. Технологічні вимоги до системи а автоматизації

Для автоматизації лінії очищення зерна необхідно враховувати кілька ключових аспектів, щоб забезпечити ефективність, надійність і безпеку системи. Ось основні технологічні вимоги до такої системи [12-16]:

– система повинна забезпечувати необхідну швидкість очищення зерна, відповідно до потужності підприємства;

– можливість легкого масштабування для збільшення обсягів обробки;

– система має забезпечувати високу точність видалення сторонніх часток, пилу та інших домішок;

– автоматизація не повинна пошкоджувати зерно або впливати на його якість;

– устаткування повинно мати довгий термін служби та високу надійність.

– система повинна бути оснащена механізмами безпеки для захисту працівників;

– автоматизація повинна легко інтегруватися з існуючими технологічними процесами та системами управління на підприємстві;

– система повинна мати функції автоматичного контролю і регулювання параметрів очищення;

– система повинна бути енергоефективною, щоб мінімізувати витрати на електроенергію;

– можливість віддаленого управління і діагностики для оперативного реагування на проблеми;

– система повинна повідомляти про несправності або відхилення в роботі;

– відповідність системи міжнародним стандартам якості та безпеки;

– дотримання вимог національних нормативних актів та стандартів.

5.2. Опис принципової електричної схеми керування процесом очищення зернової маси

Принципова електрична схема керування лінією очистки зерна забезпечує автоматичний та ручний режими роботи, захист електродвигунів від перевантаження та короткого замикання, регулювання завантаження, звукову та оптичну сигналізацію.

Схема передбачає:

- Світлову сигналізацію режиму роботи.
- Послідовне включення електродвигунів з затримкою.
- Блокування електродвигунів від аварійних режимів.
- Автоматичний та ручний режими роботи.

Вибір технічних засобів керування здійснюється залежно від виду струму, напруги, потужності, числа полюсів та умов навколишнього середовища.

Дистанційне керування та автоматизація.

Машинами та механізмами агрегату керують дистанційно з пульта. Схема передбачає кола блокування і сигналізації. Блокувальні зв'язки дозволяють при аварії однієї з машин автоматично вимикати всі попередні. Сигналізація полегшує спостереження за ходом процесу та роботою обладнання.

Принципова електрична схема процесу очищення зернової маси наведена на аркуші графічної частини проекту №3.

Машинами та механізмами агрегату управляють дистанційно з пульта. В схемі передбачено кола блокувань і сигналізації. Блокувальні електричні зв’язки між окремими машинами дозволяють при аварійному і випадковому виході з ладу однієї з машин автоматично вимикати всі попередні машини і механізми технологічної лінії. Сигналізація полегшує спостереження за ходом процесу і роботи обладнання.

Кнопкою SBC подають сигнал, кнопкою SB2 запускають обрану технологічну лінію. Кнопкою SB 2 включають двигун КМ1, в роботу вступає двигун вентилятора. Замикаючі блок-контакти замикаються і кнопками SB4, SB6

запускають в дію блоки трієрів. Замикаються блок-контакти КМ2 і КМ3 пускачів КМ4 і КМ5, КМ6, КМ7, починають працювати обидві зерноочисні машини, і транспортери. Після замикання контактів КМ5 і КМ6, з'являється можливість запустити двигун загрузочної норії. Інші технологічні потоки вступають в роботу аналогічним способом

В нормальному режимі кнопкою SB10 подають напругу на котушку пускача КМ10В, який включає двигун засувки М10 на відкриття. Для закриття засувки потрібно нажати кнопку SB9. Хід засувки обмежують вимикачі SQ1 і SQ2. Періодичність відкриття і закриття засувки становить 3 секунди.

5.3. Складання специфікації на перелік елементів схеми

Перелік матеріалів, обладнання та елементів автоматизації для системи автоматизованого керування системою очищення зернової маси наведено на листі №3 графічної частини проекту разом із принциповою електричною схемою.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація роботи з охорони праці в цеху з переробки зерна. В цеху з переробки зерна організація роботи з охорони праці є ключовою складовою для забезпечення безпеки працівників і безперебійної роботи підприємства. За охорону праці в цеху відповідає керівник підприємства або уповноважена ним особа, часто це інженер з охорони праці. Вони забезпечують виконання всіх нормативних актів і процедур з охорони праці, а також контролюють дотримання цих вимог працівниками.

Інструктажі з охорони праці є невід'ємною частиною навчального процесу для всіх працівників. Вони поділяються на вступні, первинні на робочому місці, повторні, позапланові та цільові інструктажі. Вступний інструктаж проводиться з усіма новими працівниками, незалежно від їхнього досвіду та кваліфікації, а також з тимчасовими працівниками, відрядженими та учнями. Первинний інструктаж на робочому місці здійснюється безпосередньо перед початком виконання обов’язків, щоб ознайомити працівників з конкретними умовами праці і можливими небезпеками. Повторний інструктаж проводиться регулярно, не рідше одного разу на півроку, щоб підтримувати рівень обізнаності працівників щодо безпеки. Позаплановий інструктаж проводиться при зміні технологічного процесу або після аварій. Цільовий інструктаж проводиться перед виконанням робіт підвищеної небезпеки або разових робіт, що не входять до обов'язків працівника.

Крім інструктажів, працівники повинні проходити спеціалізоване навчання з охорони праці, яке включає курси та семінари, а також перевірку знань з охорони праці. Це навчання забезпечує більш глибоке розуміння специфіки роботи і допомагає формувати правильні навички та поведінку в небезпечних ситуаціях. Також працівники повинні бути навчені наданню першої медичної допомоги та діям у надзвичайних ситуаціях.

Для ефективної організації роботи з охорони праці важливо впроваджувати систему управління охороною праці, яка включає моніторинг умов праці, аналіз

потенційних ризиків і їх мінімізацію. Регулярні внутрішні аудити і перевірки дозволяють виявляти порушення та своєчасно вживати заходів для їх усунення. Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту і контроль за їх використанням також є важливою частиною цієї системи.

Таким чином, організація роботи з охорони праці в цеху з переробки зерна є комплексним процесом, що вимагає злагодженої роботи всіх учасників виробничого процесу і постійного вдосконалення знань та навичок у сфері безпеки праці [17-19].

Небезпечні та шкідливі фактори, що можуть негативно впливати на працівників в цеху з переробки зерна. В цеху з переробки зерна існує ряд небезпечних та шкідливих факторів, які можуть негативно впливати на працівників. Один з основних ризиків пов'язаний з пилом зерна, який утворюється під час обробки і може викликати респіраторні захворювання, такі як астма чи хронічний бронхіт. Пил також може стати причиною вибухонебезпечних ситуацій, оскільки у високих концентраціях він легко запалюється.

Шум від працюючого обладнання є ще одним значущим шкідливим фактором. Постійний високий рівень шуму може призвести до втрати слуху, стресу та загальної втоми працівників. Вібрація від машин і механізмів також може негативно впливати на здоров'я, викликаючи захворювання опорно-рухового апарату та порушення кровообігу.

Механічні небезпеки, пов'язані з роботою на обладнанні для обробки зерна, включають ризик травмування через рухомі частини машин, різальні інструменти та підвищену небезпеку потрапляння кінцівок в рухомі механізми. Це може призвести до серйозних травм, включаючи порізи, переломи та ампутації.

Хімічні фактори також становлять загрозу в цеху з переробки зерна. Використання пестицидів та інших хімічних речовин для обробки зерна може спричинити отруєння та алергічні реакції у працівників при недотриманні правил

безпеки. Контакт з хімічними речовинами може також викликати подразнення шкіри та слизових оболонок.

Фізичні навантаження, пов'язані з підніманням і перенесенням важких мішків з зерном, можуть викликати проблеми з хребтом і суглобами. Неправильна техніка підняття вантажів може призвести до гострих травм спини або хронічних захворювань.

Температурні фактори, такі як високі температури влітку або недостатнє опалення взимку, також впливають на здоров'я працівників. Перегрівання або переохолодження може знизити продуктивність та підвищити ризик захворювань.

Психосоціальні фактори, зокрема стрес, викликаний високим темпом роботи, монотонністю завдань та можливими конфліктами в колективі, можуть призвести до зниження морального стану працівників і сприяти розвитку психосоматичних захворювань.

Врахування та мінімізація цих небезпечних і шкідливих факторів є важливим завданням керівництва цеху з переробки зерна для забезпечення здоров'я та безпеки працівників..

Рекомендації щодо впровадження безпечних і здорових умов праці у цеху з переробки зерна. Впровадження безпечних і здорових умов праці у цеху з переробки зерна вимагає комплексного підходу, що охоплює як технічні, так і організаційні заходи. Одним з ключових аспектів є забезпечення ефективної вентиляції для зниження рівня пилу в повітрі. Використання систем пиловловлювання та регулярне прибирання робочих зон допомагає зменшити концентрацію зернового пилу, що суттєво знижує ризик респіраторних захворювань та вибухонебезпечних ситуацій.

Для боротьби з шумом і вібрацією необхідно застосовувати сучасне обладнання з низьким рівнем шуму, а також використовувати спеціальні засоби індивідуального захисту, такі як вушні затички або навушники. Регулярне технічне обслуговування машин і механізмів сприяє зниженню шуму і вібрації, що позитивно впливає на здоров'я працівників.

Організація безпечного робочого простору включає встановлення захисних огорож навколо небезпечних частин обладнання, а також забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, такими як рукавиці, захисні окуляри та спеціальний одяг. Важливо проводити регулярні інструктажі та навчання з охорони праці, щоб працівники були обізнані про потенційні ризики та знали, як правильно діяти у небезпечних ситуаціях.

Хімічна безпека досягається шляхом впровадження систем контролю за використанням пестицидів та інших хімічних речовин. Працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту, такими як маски та захисні костюми, а також проходити регулярне навчання щодо безпечного поводження з хімічними речовинами.

Фізичні навантаження можна зменшити за допомогою механізації процесів підйому і переміщення важких вантажів. Впровадження підйомних пристроїв та конвеєрних систем дозволяє знизити навантаження на працівників і запобігти травмам опорно-рухового апарату. Також важливо навчати працівників правильним технікам підйому і перенесення вантажів, щоб мінімізувати ризик травм.

Для забезпечення комфортного температурного режиму у цеху необхідно впроваджувати системи кондиціонування та опалення. Це допомагає підтримувати оптимальні умови праці протягом року, знижуючи ризик перегрівання або переохолодження працівників.

Психосоціальна підтримка працівників включає створення сприятливого робочого середовища, де враховуються потреби та побажання працівників. Регулярне проведення зустрічей та обговорень дозволяє вчасно виявляти та вирішувати конфлікти, знижувати рівень стресу та підвищувати моральний дух колективу.

Висновки. Таким чином, впровадження безпечних і здорових умов праці у цеху з переробки зерна є багатогранним процесом, що вимагає постійної уваги до деталей та взаємодії всіх учасників виробничого процесу.

7. ЕКОЛОГІЯ

Вступ. Екологічна експертиза є важливим етапом при створенні та експлуатації будь-якого виробничого об'єкта, зокрема цеху з переробки зерна. Цей процес передбачає оцінку потенційного впливу діяльності цеху на навколишнє середовище, включаючи повітря, воду, ґрунт та біорізноманіття. Екологічна експертиза допомагає виявити можливі ризики та розробити заходи для їх мінімізації, що є необхідним для забезпечення сталого розвитку та дотримання екологічних норм і стандартів [20].

Важливість екологічної експертизи цеху з переробки зерна полягає в тому, що цей процес сприяє збереженню природних ресурсів та покращенню екологічної ситуації в регіоні. Оскільки зернопереробні цехи можуть мати значний вплив на довкілля через викиди забруднюючих речовин, використання водних ресурсів та утворення відходів, проведення ґрунтовної екологічної експертизи дозволяє знизити ці ризики та забезпечити ефективне управління екологічними аспектами діяльності підприємства.

Вплив. Цехи з переробки зерна можуть мати різноманітний негативний вплив на навколишнє середовище, що обумовлено кількома факторами. Перш за все, виробничі процеси супроводжуються викидами пилу та шкідливих речовин в атмосферу. Пил, який утворюється під час зберігання та транспортування зерна, містить органічні частинки, спори грибів та мікроорганізми, що можуть викликати захворювання дихальних шляхів у людей та тварин. Крім того, використання різноманітних хімічних речовин для обробки зерна може призводити до викидів токсичних сполук, що погіршують якість повітря.

Значний вплив на довкілля має і споживання водних ресурсів та утворення стічних вод. Вода використовується в технологічних процесах для охолодження обладнання, промивання зерна та інших операцій. Стічні води, що утворюються внаслідок цих процесів, можуть містити залишки пестицидів, гербіцидів та інших хімічних речовин, які при потраплянні у водні об'єкти забруднюють їх та можуть впливати на водні екосистеми.

Ґрунтовий покрив також піддається негативному впливу через накопичення відходів виробництва. Відходи, такі як залишки зерна, оболонки та інші органічні матеріали, при неправильному зберіганні або утилізації можуть призводити до забруднення ґрунту та водоносних горизонтів. Ці процеси знижують родючість земель та можуть спричиняти втрату біорізноманіття.

Не менш важливим є акустичне забруднення, спричинене роботою обладнання та транспортних засобів у цехах з переробки зерна. Постійний шум може негативно впливати на здоров'я людей, які працюють у цеху або живуть поблизу, а також на поведінку та стан диких тварин.

Отже, цехи з переробки зерна можуть значно впливати на навколишнє середовище, викликаючи забруднення повітря, води та ґрунту, утворення відходів та акустичне забруднення. Це підкреслює необхідність впровадження екологічних заходів та постійного моніторингу для мінімізації негативних наслідків діяльності цих підприємств..

Заходи. Для зменшення негативного впливу цеху з переробки зерна на навколишнє середовище необхідно впроваджувати комплексні екологічні заходи. Перш за все, важливо забезпечити ефективну систему фільтрації та очищення повітря, щоб зменшити викиди пилу та шкідливих речовин. Використання сучасних фільтрів та циклонів може значно знизити концентрацію забруднюючих часток у повітрі, тим самим покращуючи якість повітря в зоні діяльності підприємства.

Раціональне використання водних ресурсів є ще одним ключовим заходом. Впровадження систем замкнутого водопостачання дозволяє значно скоротити споживання води та зменшити обсяги стічних вод. Очищення стічних вод перед їх скиданням у навколишнє середовище за допомогою біологічних, хімічних та фізичних методів також є необхідним для запобігання забрудненню водних об'єктів.

Утилізація та переробка відходів виробництва також відіграють важливу роль у зменшенні негативного впливу на довкілля. Органічні відходи можуть бути використані для виробництва компосту або біогазу, що не тільки зменшує

обсяги відходів, але й сприяє енергозбереженню. Важливо також забезпечити належне зберігання та утилізацію небезпечних відходів, щоб уникнути їх потрапляння в ґрунт і воду.

Для зменшення акустичного забруднення необхідно використовувати обладнання з низьким рівнем шуму та встановлювати звукоізоляційні бар'єри. Це дозволить знизити рівень шуму як всередині цеху, так і в прилеглих територіях, що позитивно вплине на здоров'я працівників і мешканців сусідніх районів.

Важливим заходом є також проведення регулярного екологічного моніторингу та аудитів. Це дозволяє вчасно виявляти відхилення від встановлених норм та вживати відповідних заходів для їх усунення. Постійний контроль за екологічними показниками допомагає підприємству дотримуватись екологічних стандартів і знижувати негативний вплив на довкілля.

Висновки. Впровадження системи очищення повітря, раціональне використання водних ресурсів, ефективна утилізація відходів, зменшення акустичного забруднення та регулярний екологічний моніторинг є ключовими заходами для мінімізації негативного впливу цеху з переробки зерна на навколишнє середовище.

8. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Реконструкція системи електрифікації цеху з переробки зерна ТОВ «ГРІД-ІНЖИНІРИНГ» Пустомитівського району Львівської області має вагоме економічне обґрунтування. По-перше, модернізація електрифікаційних систем дозволить знизити енергоспоживання завдяки впровадженню сучасних енергоефективних технологій. Це, у свою чергу, сприятиме зниженню витрат на електроенергію, що є одним з основних компонентів собівартості продукції.

По-друге, розробка автоматизованої системи керування технологічною лінією сприятиме підвищенню продуктивності праці та якості продукції. Автоматизація процесів зменшить вплив людського фактора, що знижує ймовірність помилок і підвищує точність виконання операцій. Також, завдяки автоматизації, можна досягти більш стабільних параметрів роботи обладнання, що позитивно вплине на кінцевий продукт.

По-третє, модернізація системи електрифікації та впровадження автоматизації дозволить зменшити витрати на обслуговування та ремонт обладнання. Нові системи зазвичай мають більший термін служби та потребують менше зусиль для їх обслуговування. Це також зменшить простої у виробничому процесі, що позитивно позначиться на обсягах виробництва.

Крім того, реконструкція цеху може сприяти покращенню екологічної ситуації завдяки зниженню викидів шкідливих речовин. Сучасні електрифікаційні та автоматизовані системи відповідають суворим екологічним стандартам, що дозволяє знизити негативний вплив на довкілля.

Економічне обґрунтування реконструкції системи електрифікації та впровадження автоматизованої системи керування технологічною лінією у цеху з переробки зерна ТОВ «ГРІД-ІНЖИНІРИНГ» базується на зниженні енерговитрат, підвищенні продуктивності та якості продукції, зменшенні витрат на обслуговування, а також покращенні екологічних показників. Ці заходи сприятимуть підвищенню конкурентоспроможності підприємства на ринку та забезпечать його сталий розвиток.

Споживання електроенергії цеху з переробки зернових після завершення модернізації та автоматизації буде визначатися за відповідним виразом [21]:

$$П_{пр} = П_{б} - 0{,}1 \cdot П_{б} \tag{8.1}$$

Скорочення витрат на оплату електроенергії цеху з переробки зернових:

$$\Delta П = \left(П_{б} - П_{пр} \right) \cdot Ц, \tag{8.2}$$

де $Ц$ – ціна за електроенергію, грн/ кВт·год.

Оцінюємо час, необхідний для повернення інвестицій у запропоновані рішення [21]:

$$T_{ок} = \frac{К}{\Delta П}, \tag{8.3}$$

Оцінюємо коефіцієнт економічної ефективності запропонованого проекту реконструкції системи електрифікації цеху з переробки зернових [21]:

$$E_{к.е.} = \frac{\Delta П}{К}, \tag{8.4}$$

Визначення техніко-економічних показників проекту реконструкції системи електрифікації цеху з переробки зернових виконаємо табличним способом. Результати відповідних розрахунків показано в таблиці 8.1 та на листі графічної частини роботи №5.

Таблиця 8.1. Результати розрахунків техніко-економічних розрахунків

Показники	Варіант	
	базовий	проектний
Додаткові капіталовкладення, грн.	-	265300
Річна кількість спожитої електричної енергії,тис. кВт·год	220	198
Витрати на оплату спожитої електроенергії, тис. грн	1320	1188
Зменшення споживання електричної енергії, %	-	10
Сумарний річний економічний ефект, тис. грн.	-	132
Коефіцієнт економічної ефективності капіталовкладень	-	0,49
Термін окупності капіталовкладень, роки	-	2,1

Висновки. Впровадження запропонованих в проекті рішень щодо реконструкції системи електрифікації цеху з переробки зернових призведе до зменшення споживання електричної енергії на 22 тис. кВт·год і зниження витрат на її оплату на 132 тис. грн. Термін повернення інвестицій становить 2,1 роки.

ВИСНОВКИ

Дипломний проект щодо реконструкції системи електрифікації цеху з переробки зерна ТОВ «Грід-Інжиніринг» виявився успішним і відповідним вимогам сучасності. Результати дослідження показали необхідність модернізації електричної інфраструктури для підвищення продуктивності і надійності виробничих процесів. Впровадження нової технології не тільки покращить умови праці персоналу, але й сприятиме зменшенню енерговитрат та витрат на обслуговування.

Реалізація автоматизованої системи керування технологічною лінією значно спростить управління процесами і забезпечить точність в їх виконанні. Висновки проекту стверджують, що впровадження рекомендацій дозволить досягти ефективного використання ресурсів і підвищити конкурентоспроможність підприємства на ринку.

Таким чином, проект реконструкції системи електрофікації є важливим кроком у розвитку ТОВ «Грід-Інжиніринг», спрямованим на досягнення стабільності виробничих процесів і підвищення загальної ефективності підприємства.

Впровадження запропонованих в проекті рішень щодо реконструкції системи електрифікації цеху з переробки зернових призведе до зменшення споживання електричної енергії на 22 тис. кВт·год і зниження витрат на її оплату на 132 тис. грн. Термін повернення інвестицій становить 2,1 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. YouControl – сервіс перевірки контрагентів. ТОВ «ГРІД-ІНЖИНІРИНГ». [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://youcontrol.com.ua/catalog/company_details/42109023/.

2. Opendatabot. ТОВ «ГРІД-ІНЖИНІРИНГ». [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://opendatabot.ua/c/42109023.

3. Мирончук В. Г., Гулий І. С, Пушанко М. М. та ін. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. Підручник. Вінниця: Нова книга, 2017. 648 с.

4. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв / О.В. Дашицин, А.І. Ткачук. К.: ПП «Нова Книга», 2018.

5. Гвоздєв О.В. Механізація переробної галузі агропромислового комплексу: підруч. для учнів проф.-техн. навч. закл. / О. В. Гвоздєв, Ф. Ю. Ялпачик, Ю. П. Рогач, М. М. Сердюк. – К. : Вища освіта, 2016. – 478 с.

6. ПУЕ Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання, станом на 21.08.2017).

7. Електропривод с.г. машин, агрегатів та потокових ліній. Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавриненко, О.С. Марченко, Д.Г. Войтюк. За ред. Жулая Є.Л. – Вища освіта, 2001. – 288 с.

8. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК : підручник / І. І. Мартиненко, В. П. Лисенко, Л. П. Тищенко, І. М. Болбот, П. В. Олійник. – К. : НМЦ Мін-ва аграрної політики України, 2008. – 330 с; 2020. – 330 с.

9. Каталог електродвигунів серії АИР. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://xn--80aqy.com.ua/katalog_elektrodvigatelei_air/.

10. Каталог кабельної продукції. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.avtomats.com.ua/3307-wire_apv.html.

11. Каталог продукції електротехнічної продукції. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://220volt.com.ua/ua/.

12. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник /Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.

13. Eremeeva, A. M., & Ilyushin, Y. V. (2023). Automation of the control system for drying grain crops of the technological process for obtaining biodiesel fuels. Scientific Reports, 13(1). https://doi.org/10.1038/s41598-023-41962-0.

14. Ngunzi, V. (2014). SIMULATION MODEL FOR PREDICT DRYING IN THE AUTOMATED GRAIN DRYER. Scientific Conference Proceedings. http://www.ijesr.org/admin/upload_journal/journal_printabs14hmar14esr.pdf.

15. Singh, G., Agarwal, A., & Jarial, R. (2013). PLC based automation of grain dryer. 2013 International Conference on Control, Automation, Robotics and Embedded Systems (CARE). https://doi.org/10.1109/care.2013.6733725.

16. Cárdenas C., Moya E., García D. and Calvo O. (2019). CONTROL AND SUPERVISION FOR AN INDUSTRIAL GRAIN DRYER. In Proceedings of the 6th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics - Robotics and Automation, pages 405-408. DOI: 10.5220/0002192904050408.

17. Василенко О.О., Хворост Т.В, Семерня О.В., Кіндя О.П. (2021). Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в випускних роботах студентами спеціальностей 208 «Агроінженерія» галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство», 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузь знань 14 «Електрична інженерія», 275 «Транспортні технології» галузь знань 27 «Транспорт» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти. Суми: СНАУ, 14.

18. Основи професійної безпеки та здоров’я людини : підручник / В. В. Березуцький [та ін.] ; під ред. проф. В. В. Березуцького. – Харків : НТУ “ХПІ”, 2018. – 553 с.

19. Закон України "Про охорону праці" від 14 жовтня 1992 р. (Редакція станом на 20.01.2018).

20. Методичні вказівки щодо виконання розділу «Екологічна експертиза» в дипломних роботах (проєктах) студентами інженерно-технологічного

факультету денної, заочної та дистанційної форми навчання, ОС «Бакалавр». – Суми: Сумський національний аграрний університет, 2021. – 12 с.

21. Економіка та організація виробництва: Методичні вказівки до вивчення курсу для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Укл. І.В. Журило, М.М. Полтавець, – Кропивницький: ЦНТУ, 2017. – 52 с.