

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 зернопункту ПСП «Слобожанщина Агро» смт Ульяновка, Сумського району, Сумської області з розробкою автоматизованої системи керування сушкою та зберіганням зерна»

Виконав:

(підпис)

_____ Дешко Є.А.

(Прізвище, ініціали)

Група:

_____ ЕТЕС 2301 ст.-2 р.н.

(Науковий) керівник:

(підпис)

_____ Сіренко Ю.В.

(Прізвище, ініціали)

Суми – 2025

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

Дешку Єгору Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Реконструкція системи електрифікації зернопункту ПСП «Слобожанщина Агро» смт Ульяновка, Сумського району, Сумської області з розробкою автоматизованої системи керування сушкою та зберіганням зерна

керівник роботи: Сіренко Юлія Володимирівна, PhD, доцент,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “24” вересня 2024 року №3257/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, посібники, методичні рекомендації до виконання роботи, інтернет-джерела.

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

Вступ

1. Аналіз господарської діяльності об'єкту.

2. Технологічна частина

3. Розрахунок і вибір силового обладнання

4. Проектування автоматизації технологічних процесів

5. Проектування внутрішньої цехової силової електричної мережі

6. Проектування електричного освітлення

7. Охорона праці

8. Екологія

9. Економічне обґрунтування

Висновки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

1. Зерноочисно-сушильний комплекс ЗСК-30. Схема електрична принципова.
2. Зерноочисно-сушильний комплекс ЗСК-30. Схема технологічна.
3. Зерноочисно-сушильний комплекс ЗСК-30. Схема функціональна автоматизації.
4. Схема силової електропроводки. Схема електрична з'єднань.
5. Схема освітлювальної електропроводки.
6. Показники техніко-економічні. Таблиця.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці</i>	<i>ст. викладач Семерня О.В.</i>		
<i>Економічне обґрунтування</i>	<i>ст. викладач Шашков С.В.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>доцент Чепіжний А.В.</i>		

7. Дата видачі завдання: “ 5 ” 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 господарстві	до 14.09.2024 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 15.11.2024 р.	
3.	Складання плану роботи	до 22.11.2024 р.	
4.	Написання вступу	до 29.11.2024 р.	
5.	Написання розділу «Характеристика об'єкту проєктування»	до 27.12.2024 р.	
6.	Написання розділів 2 та 3. Підготовка листів 1 та 2 графічної частини	до 20.02.2025 р.	
7.	Написання розділів 4, 5 та 6. Підготовка листів 3 та 4 графічної частини	до 11.04.2025 р.	
8.	Написання розділу «Охорона праці»	до 18.04.2025 р.	
9.	Написання розділу «Екологія»	до 24.04.2025 р.	
10.	Написання розділу «Економічне обґрунтування». Підготовка листу 5 графічної частини	до 30.04.2025 р.	
11.	Написання загальних висновків	до 09.05.2025 р.	
12.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 15.05.2025 р.	
13.	Подання роботи на рецензування	до 23.05.2025 р.	
14.	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2025 р.	

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Дешко Є.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник
кваліфікаційної роботи

_____ (підпис)

Сіренко Ю.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дешко Єгор Андрійович «Реконструкція системи електрифікації зернопункту ПСП «Слобожанщина Агро», смт. Ульянівка, Сумського району, Сумської області з розробкою автоматизованої системи керування сушкою та зберіганням зерна».

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня бакалавра з Електроенергетики, електротехніки та електромеханіки за освітньою програмою Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка зі спеціальності 141 «Електроенергетика електротехніка та електромеханіка». Сумський національний аграрний університет, Суми 2025, 70 с.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання реконструкції системи електрифікації зернопункту приватного сільськогосподарського підприємства «Слобожанщина Агро» (смт Ульянівка, Сумський район). Основна мета проєкту — підвищення енергоефективності, надійності та автоматизації технологічних процесів сушіння та зберігання зерна. В роботі здійснено аналіз господарської діяльності підприємства, його енергоспоживання, стану електропостачання, виявлено недоліки (відсутність резервного живлення, великі втрати енергії, застаріле обладнання) та запропоновано технічні рішення з модернізації інфраструктури.

Особливу увагу приділено впровадженню автоматизованої системи керування сушаркою та зерносховищами з використанням ПЛК-контролерів, датчиків вологості, температури, рівня зерна. Запропоновано техніко-економічне обґрунтування, що підтверджує доцільність інвестицій: термін окупності — 4 роки, ROI — 25%, позитивне значення NPV. Розраховано силове електронаповнення, розроблено схеми внутрішніх мереж, елементи автоматики та мнемосхеми. Запровадження нової системи дозволить зменшити витрати на електроенергію, підвищити продуктивність та надійність технологічного процесу.

Ключові слова: електрифікація, зернопункт, автоматизація, енергоефективність, ПЛК, сушарка, енергоспоживання, реконструкція, трансформаторна підстанція, система управління.

ABSTRACT

Deshko Yegor Andriyovych «Reconstruction of the electrification system of the grain point of the private agricultural enterprise "Slobozhanshchina Agro", Ulyanivka village, Sumy district, Sumy region with the development of an automated control system for drying and storing grain».

Qualification work for the bachelor's degree in Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics under the educational program Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics in specialty 141 "Electrical Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics". Sumy National Agrarian University, Sumy 2025, 70p.

The qualification work considers the issue of reconstruction of the electrification system of the grain point of the private agricultural enterprise "Slobozhanshchina Agro" (Ulyanivka village, Sumy district). The main goal of the project is to increase energy efficiency, reliability and automation of technological processes for drying and storing grain. The work analyzed the economic activity of the enterprise, its energy consumption, the state of the power supply, identified shortcomings (lack of backup power, large energy losses, outdated equipment) and proposed technical solutions for the modernization of the infrastructure.

Particular attention was paid to the implementation of an automated control system for the dryer and granaries using PLC controllers, humidity, temperature, grain level sensors. A feasibility study was proposed, confirming the feasibility of the investment: payback period — 4 years, ROI — 25%, positive NPV value. Power supply was calculated, internal network schemes, automation elements and mnemonic circuits were developed. The introduction of the new system will reduce electricity costs, increase productivity and reliability of the technological process.

Keywords: electrification, grain center, automation, energy efficiency, PLC, dryer, energy consumption, reconstruction, transformer substation, control system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ОБ'ЄКТУ	4
1.1 Загальна характеристика об'єкту.....	14
1.2 Аналіз господарської діяльності об'єкту	15
1.3 Аналіз стану електрифікації.....	16
1.4 Висновки та пропозиції	18
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	20
2.1 Опис прийнятої технології виробництва	20
2.2 Опис виробничих приміщень та розташування технологічного обладнання	18
2.3 Складання паспортних даних стандартного технологічного обладнання ..	21
2.4 Складання завдання на проектування електричної частини нестандартного технологічного обладнання	27
2.5 Складання технологічних вимог до проекту електрифікації та прийняття загального рішення по проекту.....	28
3. РОЗРАХУНОК І ВИБІР СИЛОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ.....	27
3.1 Вибір силового електрообладнання для стандартного технологічного обладнання	27
3.2 Перевірочний розрахунок потужності силового електрообладнання	28
3.3 Складання схеми розташування силового електрообладнання.....	29
4. ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ	34
4.1 Опис технологічного процесу та складання технологічних вимог до проекту автоматизації.....	34
4.2 Визначення об'єму параметрів, що підлягають контролю і автоматичному регулюванню.....	36
4.3 Складання функціональної схеми контролю і керування технологічним процесом.....	38

4.4	Складання принципової електричної схеми автоматичного керування і сигналізації.....	36
4.5	Складання схем з'єднань шаф та пультів керування і сигналізації	36
4.6	Складання схем приєднання і розташування	36
4.7	Визначення надійності автоматичних систем управління.....	37
4.8	Техніко-економічне обґрунтування ефективності прийнятого технічного рішення	38
4.9	Складання мнемосхем.....	39
4.10	Складання специфікації (таблиці переліку елементів) на матеріали та обладнання	40
5.	ПРОЕКТУВАННЯ ВНУТРИШНЬОЇ ЦЕХОВОЇ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ.....	45
5.1	Вибір схеми живлення силових електроприймачів.....	45
5.2	Складання принципової схеми внутрішньої силової електричної мережі..	45
5.3	Розрахунок навантажень на окремих ділянках внутрішньої мережі	45
5.4	Вибір марки, способу прокладання та перерізу проводів і кабелів	43
5.5	Вибір магнітних пускачів, автоматичних вимикачів та запобіжників	44
5.6	Вибір стандартних шаф керування.....	47
5.7	Вибір силових розподільчих шаф.....	47
5.8	Складання специфікації (таблиці переліку елементів) на матеріали та обладнання	48
6.	ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ	49
6.1	Вибір системи та виду освітлення	49
6.2	Вибір нормованої освітленості і коефіцієнту запасу.....	49
6.3	Вибір світильників	53
6.4	Вибір схеми розташування світильників.....	50
6.5	Визначення потужності ламп.....	54

6.6 Вибір та розрахунок освітлювальної мережі.....	55
6.7 Складання специфікації (таблиці переліку елементів) на матеріали та обладнання	56
7. ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ’ЄКТУ.....	57
7.1 Визначення навантажень на вводах в окремі приміщення.....	57
7.2 Визначення центру електричних навантажень та місця розташування джерела живлення	57
7.3 Складання схеми мережі електропостачання.....	58
7.4 Вибір кількості та потужності джерела живлення.....	58
7.5 Перевірка захисних апаратів на спрацювання і комутаційну здатність при короткому замиканні.....	60
7.6 Складання специфікації (таблиці переліку елементів) на матеріали та обладнання	62
8. ОХОРОНА ПРАЦІ	63
9. ЕКОЛОГІЯ	68
10. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	69
ВИСНОВКИ.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75

ВСТУП

Актуальність теми

Реконструкція системи електрифікації сільськогосподарських підприємств є важливим напрямком розвитку аграрного сектору України. Зокрема, зернопункти відіграють ключову роль у зберіганні та первинній обробці врожаю, що безпосередньо впливає на якість та конкурентоспроможність сільськогосподарської продукції. Одним із таких об'єктів є зернопункт ПСП «Слобожанщина Агро» у смт. Ульянівка, Сумського району, Сумської області. Наявна система електропостачання підприємства потребує модернізації у зв'язку з моральним і фізичним зношенням обладнання, зростанням енергетичних потреб та необхідністю впровадження автоматизованих систем управління.

Електроенергія є основою розвитку економіки суспільства. Вона відіграє важливу роль у всіх галузях народного господарства, зокрема в сільському господарстві. Електрифікація аграрного сектору є одним з основних напрямків аграрної політики, що сприяє підвищенню продуктивності праці, поліпшенню якості продукції та зниженню її собівартості.

Автоматизація процесів очищення та сушки зерна дозволяє досягти високої ефективності та зменшити втрати продукції. Зерноочисно-сушильні комплекси КЗС призначені для регіонів з підвищеною вологістю зерна під час збирання. Промисловість випускає такі моделі, як КЗС-10Б, КЗС-20Б, КЗС-20Ш, КЗС-40Ш, продуктивністю відповідно 10, 20, 40 тонн по пшениці.

З розвитком сучасних технологій особливу увагу слід приділяти автоматизації процесів сушіння та зберігання зерна. Впровадження таких систем дозволяє підвищити енергоефективність, зменшити втрати продукції та забезпечити її високу якість. Тому дослідження та розробка комплексної системи електрифікації з елементами автоматизації є актуальним завданням.

Мета та завдання роботи

Метою даної роботи є розробка проєкту реконструкції системи електрифікації зернопункту ПСП «Слобожанщина Агро», що включає:

- Аналіз існуючого стану електричних мереж та електрообладнання підприємства.
- Розрахунок електричних навантажень та вибір оптимальної схеми електропостачання.
- Проєктування модернізації трансформаторних підстанцій, кабельних ліній та розподільчих пристроїв.
- Впровадження автоматизованої системи керування процесами сушіння та зберігання зерна.
- Обґрунтування економічної ефективності проєкту.

Об'єкт і предмет роботи

Об'єктом дослідження є система електропостачання зернопункту ПСП «Слобожанщина Агро». Предметом роботи виступають методи модернізації електрифікації підприємства, зокрема оптимізація електричних мереж, автоматизація технологічних процесів та підвищення енергоефективності.

Практичне значення роботи

Результати дослідження можуть бути використані для модернізації існуючих та проєктування нових систем електрифікації сільськогосподарських підприємств. Впровадження запропонованих заходів дозволить підвищити енергоефективність, знизити експлуатаційні витрати та покращити якість зберігання зерна, що сприятиме підвищенню конкурентоспроможності підприємства.

1. АНАЛІЗ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ОБ'ЄКТУ

1.1 Загальна характеристика об'єкту

Приватне сільськогосподарське підприємство «Слобожанщина Агро» виконує свою діяльність як суб'єкт господарювання приватної форми власності. Дата заснування підприємства - 13 лютого 2001 року.

Згідно з інформацією, наданою у витягу з Єдиного системи бази інформації про підприємців (ЄДРПОУ 03800113), основним видом діяльності підприємства відповідно до класифікації КВЕД-2010 є: 01.11 - вирощування зернових, культур сімейства бобів і насіння масляних рослин.

Головним напрямом роботи фермерства є окультурення зернових рослин. Базу виробництва становлять такі сільськогосподарські культури, як пшениця зимова, кукурудза на матеріал-зерно, рослина бобових соя та соняшник.

Окрім основної діяльності, підприємство також отримує прибуток від надання супутніх послуг - зокрема з обробітку ґрунту, транспортування, оренди тощо. Проте ці види роботи не є головними: у 2019 році обсяг доходу від реалізації товарів і готового урожаю становив більше 700 тис. грн, тоді як від обслуговування - лише 690 тис. грн. Станом на кінець грудня місяця 2020 року коштовність основних складових фермерства складала наближено 150 тис. грн.

На підприємстві експлуатуються дві машино-тракторні майданчики та ділянки, які надають обслуговування наявного парку техніки. До складу технічного забезпечення входять: машини збирання NH модельного розряду CR9.80 до 5 одиниць; трактори FEND 1050 - 2 одиниці, німецьки енергетичні засоби 7930 і 8345 - 7 одиниць, NHT7060 і T6070 - 9 одиниць, а також трактори МТЗ. У користуванні підприємства також перебувають навантажувачі-телескопи європейські JCB 531-70, DIECI до 5 одиниць, обприскувачі John Deere та Теснома Laser - 6 одиниць, сівалки HORSCH, борони, культиватори й розкидачі KUHN, жатки, сіялки, жниварки, вантажівки КАМАЗ з причепами.

В підприємстві впроваджуються та тестуються елементи точного землеробства, зокрема системи GPS-моніторингу техніки, автопілотування,

технології дистанційного зондування поверхні ґрунту, моніторинг урожайності, адаптивні норми висіву насіння та диференційоване внесення мінеральних добрив.

1.2 Аналіз господарської діяльності об'єкту

Фермерство має розвинену інфраструктуру з виробничими цехами, автопарком, майстернями та зерноочисно-сушильними комплексами. Середній рівень врожайності:

- Зернові культури – 17,1 ц/га.
- Кормові культури – 91 ц/га.
- Сіно природне – 11,6 ц/га.

Фінансові показники підприємства подано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Фінансові показники ПСП «Слобожанщина Агро»

	2024	2023	2022
Дохід	2 113 051 000 ₴	840 709 000 ₴	778 090 000 ₴
Чистий прибуток	445 297 000 ₴	116 882 000 ₴	183 993 000 ₴
Активи	3 552 167 000 ₴	3 550 638 000 ₴	2 877 620 000 ₴
Зобов'язання	443 325 000 ₴	632 258 000 ₴	288 436 000 ₴
Кількість працівників	—	256	257

Типи зерна та їхнє використання визначають обсяги виробництва в певні сезони. Навантаження на систему залежить від кількості земель, що обробляються, та використання сучасних технологій у зборі та обробці врожаю. Підприємство повинно бути готове до великих пікових навантажень в період збору врожаю, коли буде зростати потреба в зерноочисно-сушильних комплексах.

Сезонність діяльності на підприємстві ймовірно впливає на обсяги виробництва та інфраструктуру. У період збору врожаю використання зерноочисно-сушильних комплексів та автопарку досягатиме піку. Це створює високі вимоги до ефективності та надійності системи, а також до резервів потужностей, щоб забезпечити безперервний процес без великих зупинок чи технічних проблем.

Середній рівень прибутковості підприємства можна оцінити на основі співвідношення доходу до активів та чистого прибутку. Зростання доходів і

прибутку при збереженні стабільних активів та зниженні зобов'язань свідчить про ефективне управління ресурсами та покращення фінансової незламності.

Енергоефективність є головною тенденцією для аграрних підприємств, оскільки енергоспоживання у процесах збору врожаю та переробки може бути значним. Якщо підприємство не використовує сучасні енергоефективні технології, це може сказатися на значних витратах на енергію та зниження рентабельності.

Аварійні зупинки можуть бути наслідком застарілих технологій або обладнання, що не забезпечує необхідний рівень надійності. Для ПСП «Слобожанщина Агро» важливо інвестувати в модернізацію технологій і систем для зниження кількості непланових зупинок та забезпечення безперервного виробничого процесу.

Застарілі технології можуть призводити до втрати конкурентоспроможності та знижувати ефективність використання ресурсів. Підприємству потрібно постійно оновлювати технологічну базу, щоб відповідати сучасним вимогам ринку і зберігати високу продуктивність праці.

Загалом, ПСП «Слобожанщина Агро» має позитивні фінансові показники, але для забезпечення майбутнього треба вкластися в поліпшення та покращення ефективності внутрішніх процесів.

1.3 Аналіз стану електрифікації

Електропостачання ПСП «Слобожанщина Агро» здійснюється від енергопостачальної компанії АТ «Сумиобленерго». Основні параметри електричної мережі підприємства:

- Напруга підведення – 10 кВ.
- Протяжність ліній електропередач (ЛЕП) 10 і 0,4 кВ – 57 км.
- Відсутність власних дизельних генераторів.
- Наявність 7 комплектних трансформаторних підстанцій (КТП) потужністю від 100 до 400 кВА.
- Використання 85 електродвигунів, основні марки: 4А, АИР.

Система електропостачання ПСП «Слобожанщина Агро» включає:

- Повітряні та кабельні ЛЕП 10 кВ, що з'єднують підприємство з енергомережею «Сумиобленерго».

- 7 трансформаторних підстанцій типу КТП, розрахованих на навантаження від 100 до 400 кВА.

- Кабельні лінії 0,4 кВ, які живлять об'єкти підприємства.

- Основні споживачі: тваринницькі комплекси, зерносховища, майстерні, котельня.

- Електродвигуни різних потужностей, які використовуються у виробничих процесах.

Річне споживання електроенергії в динаміці:

- 2022 рік – 44 500 кВт·год.

- 2023 рік – 46 600 кВт·год.

- 2024 рік – 47 400 кВт·год.

Зростання споживання електроенергії пояснюється розширенням виробничих потужностей, модернізацією обладнання та збільшенням кількості споживачів електроенергії.

Але в системі електропостачання виявлені недоліки:

- Відсутність резервного живлення – підприємство не має власних дизельних генераторів, що підвищує ризик зупинки виробничих процесів при аварійних відключеннях.

- Великі втрати електроенергії через значну протяжність ЛЕП та експлуатацію застарілого обладнання.

- Застаріла інфраструктура – частина трансформаторів та електродвигунів працює понад нормативний термін експлуатації, що призводить до зниження ефективності використання електроенергії.

- Нерівномірність навантаження – у певні періоди спостерігається значне перевантаження мережі, що може спричинити зниження напруги та перегрів обладнання.

- Недостатня автоматизація – відсутність сучасних систем моніторингу та управління споживанням енергії.

Аналіз споживання електроенергії та пікових навантажень показує:

- Середньорічне навантаження – близько 5,4 кВт.
- Максимальне навантаження у період сезонних робіт – до 120 кВт.
- Найбільше споживання електроенергії припадає на зерносховища та тваринницькі комплекси.

1.4 Висновки та пропозиції

Енергоефективність є ключовим фактором для сільськогосподарських підприємств, оскільки значне енергоспоживання під час збору врожаю та переробки впливає на витрати та рентабельність. Використання застарілих технологій підвищує енергетичні витрати та знижує конкурентоспроможність.

Аварійні зупинки часто спричинені ненадійним обладнанням і можуть суттєво впливати на виробничий процес. Для ПСП «Слобожанщина Агро» критично важливо інвестувати в модернізацію, щоб мінімізувати кількість непланових зупинок і забезпечити стабільну роботу підприємства.

Застаріла технологічна база не лише знижує ефективність використання ресурсів, а й ставить під загрозу відповідність сучасним ринковим вимогам. Постійне оновлення обладнання дозволяє підвищити продуктивність і зменшити енергетичні втрати.

Основні проблеми в системі електропостачання:

- Відсутність резервного живлення – відсутність дизельних генераторів підвищує ризик зупинки виробництва при аварійних відключеннях.
- Високі втрати електроенергії – спричинені значною протяжністю ЛЕП і використанням застарілого обладнання.
- Зношена інфраструктура – частина трансформаторів та електродвигунів експлуатується понад нормативний термін, що знижує ефективність енергоспоживання.
- Нерівномірність навантаження – періодичні перевантаження мережі призводять до зниження напруги та перегріву обладнання.
- Недостатня автоматизація – відсутність сучасних систем моніторингу та керування енергоспоживанням.

Пропозиції щодо модернізації

1. Встановлення резервного електроживлення – придбання та введення в експлуатацію дизель-генераторної установки для забезпечення безперебійної роботи критично важливих об'єктів.

2. Оптимізація ЛЕП – заміна застарілих проводів на сучасні зменшеного опору для зниження втрат електроенергії.

3. Модернізація трансформаторних підстанцій – встановлення нових енергоефективних трансформаторів з можливістю автоматичного регулювання напруги.

4. Реконструкція електродвигунів – поступова заміна старих моделей на сучасні з підвищеним ККД.

5. Впровадження автоматизованої системи керування енергоспоживанням – моніторинг та диспетчеризація роботи електрообладнання для раціонального використання електроенергії.

Запропоновані заходи дозволять покращити надійність електропостачання підприємства, знизити втрати електроенергії та підвищити ефективність використання ресурсів.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис прийнятої технології виробництва

На зернопункті зерно зберігається в елеваторі. А вже звідти, після проведення лабораторного аналізу, що підтверджує якість продукції, відбувається постачання на млини, комбикормові заводи і т. д.

Елеватор являє собою промислове зерносховище, конструкція та оснащення якого забезпечують повний цикл технологічних процесів: приймання, обробку, зберігання та підготовку зерна до реалізації.

Принцип роботи елеватора в агропромисловому комплексі базується на чіткій послідовності технологічних етапів:

1. Приймання зерна - здійснюється з різних типів транспорту. Передбачено наявність автомобільного пункту для розвантаження й подачі зерна у приймальні бункери.
2. Обробка та підготовка - охоплює очищення зернової маси, сушіння в зерносушильних установках, сортування за фракціями. Для цього використовуються комплекси типу ЗАВ і КЗС, шахтні сушарки та аспіраційне обладнання.
3. Зберігання - основна функція елеватора, реалізована через використання металевих силосів, обладнаних зовнішніми та внутрішніми системами життєзабезпечення та контролю умов зберігання.
4. Відвантаження зерна - елеватор виконує роль логістичного центру, оснащеного системами для відпуску продукції в будь-яких обсягах. Використовуються транспортні стрічки, пневматичні рукави, бункери. Конфігурація обладнання визначається обсягами зберігання та способами відвантаження.

Зернові елеватори класифікуються за функціональним призначенням і принципом експлуатації на такі типи:

- Заготівельні (хлібоприймальні) - місткість від 15 до 100 тис. тонн. Приймають зернові культури від сільськогосподарських підприємств, виконують їх очищення, сушіння та подальшу відвантаження споживачам.
- Виробничі - місткістю від 10 до 150 тис. тонн. Розміщуються поруч із млинами, комбікормовими, круп'яними, крохмальними заводами тощо й слугують для зберігання сировини у виробничому процесі.
- Базисні - обсягом від 100 до 150 тис. тонн. Призначені для тривалого зберігання зернових культур, що надходять або транспортуються залізницею у вагонах.
- Портові та перевалочні - місткість від 50 до 100 тис. тонн. Будуються на місцях перевалки зерна між різними видами транспорту - у морських портах або на великих залізничних вузлах.

На території ПСП «Слобожанщина Агро» встановлено заготівельні елеватори.

Принцип функціонування зернового елеватора полягає у послідовному виконанні технологічних операцій із приймання, обробки та зберігання зерна. Конструктивно зерносклади об'єднані з адміністративно-виробничими спорудами, у яких розміщене все необхідне транспортне та технологічне обладнання.

Основні етапи роботи елеватора:

1. Приймання та підготовка зерна - зерно доставляється автомобільним транспортом і розвантажується за допомогою спеціальних механізмів.
2. Обробка зерна - після зважування зернова маса подається у робочу башту, де за допомогою норій потрапляє до зерноочисних машин-сепараторів, які видаляють домішки.
3. Зберігання урожаю - зерно розміщується у силосах, частина яких оснащена системами активної вентиляції та дезінфекції. Контроль температури здійснюється за допомогою термопідвісок, що монтуються на різних рівнях сховища.

2.2 Перелік кімнат виробництва та їх положення обладнання.

Частини елеватора включає такі основні елементи:

- вагова установка для зважування транспортних засобів із зерном;
- приймальне відділення, яке забезпечує вивантаження продукції з автомобільного або залізничного транспорту. Зазвичай являє собою завальну яму певного об'єму, проїзного або непроїзного типу;
- робоча вежа, де встановлено обладнання для первинного, попереднього та, за потреби, вторинного очищення зернової маси. Тут також розміщується система аспірації для видалення легких домішок;
- сушильний блок, який містить резервуари для зберігання вологого й висушеного зерна, а також сушарки з пальниками, що працюють на різних типах палива;
- зона зберігання зерна - це група силосів (банок) необхідної місткості, які можуть бути розміщені в один або кілька рядів. Така конфігурація дає змогу одночасно зберігати різні види культур або різні сорти однієї культури;
- відділення для відвантаження - складається з бункерів-хоперів, призначених для завантаження зерна у залізничні вагони або автомобільний транспорт;
- транспортна система елеватора, яка об'єднує всі його функціональні зони за допомогою норій та різних типів транспортерів;
- металеві конструкції, що формують каркас норійних вишок, транспортних мостів та галерей;
- системи енергозабезпечення й автоматизації, які включають шафи управління, частотні перетворювачі, датчики, електричні кабелі, освітлювальні прилади тощо;
- адміністративно-побутовий блок, лабораторія, пожежний резервуар та інші будівлі, що передбачені нормативною документацією.

В таблицях 2.1 і 2.2 показано перелік будівель зерноприймального пункту.

Таблиця 2.1 – Відділення з засобами обігріву

	Перелік	Параметр площини, м ²
1	Автомобільний гараж	84,1
2	Приміщення для ремонту тари	1003,8
3	Кімната зберігання продукції номер 14	19,5
4	Гараж на 8 одиниць техніки	433,9
5	Виробниче побутове приміщення	271,3
6	Протипожежний гараж	154,9
7	Станція технічного обслуговування	13,8
8	Приміщення для теплогенератора	284,4
9	Цех слюсарних робіт	12,5
10	Приміщення для зберігання товарів	783,8
11	Адміністративна будівля	343,7
12	Будівля для обліку і пропускового контролю	65,7
13	Виробничий корпус млинового цеху	82,9

Таблиця 2.2 – Відділення без засобів обігріву

	Список	Параметр площини, м ²
1	Силос для зберігання зерна	685,0
2	Зерносклад для готової продукції	722,0
3	Склад вологого зерна	380,0
4	Зерносклад для сухого зерна	480,0
5	Приймальне відділення	260,0
6	Робоча вежа	315,0
7	Сушильне відділення	540,0
8	Бункер накопичення	190,0
9	Технологічна галерея	210,0
10	Транспортні норійні башти	145,0
11	Накопичувальний бункер для навантаження в транспорт	165,0
12	Склад тимчасового зберігання	280,0
13	Технічний навіс	130,0
14	Відвантажувальна естакада	250,0
15	Навантажувальний вузол з автотранспортом	190,0
16	Транспортний тунель	200,0

Технологічна схема сушіння зерна в зерночисно-сушильному комплексі ЗСК-30 показана на рис. 2.1

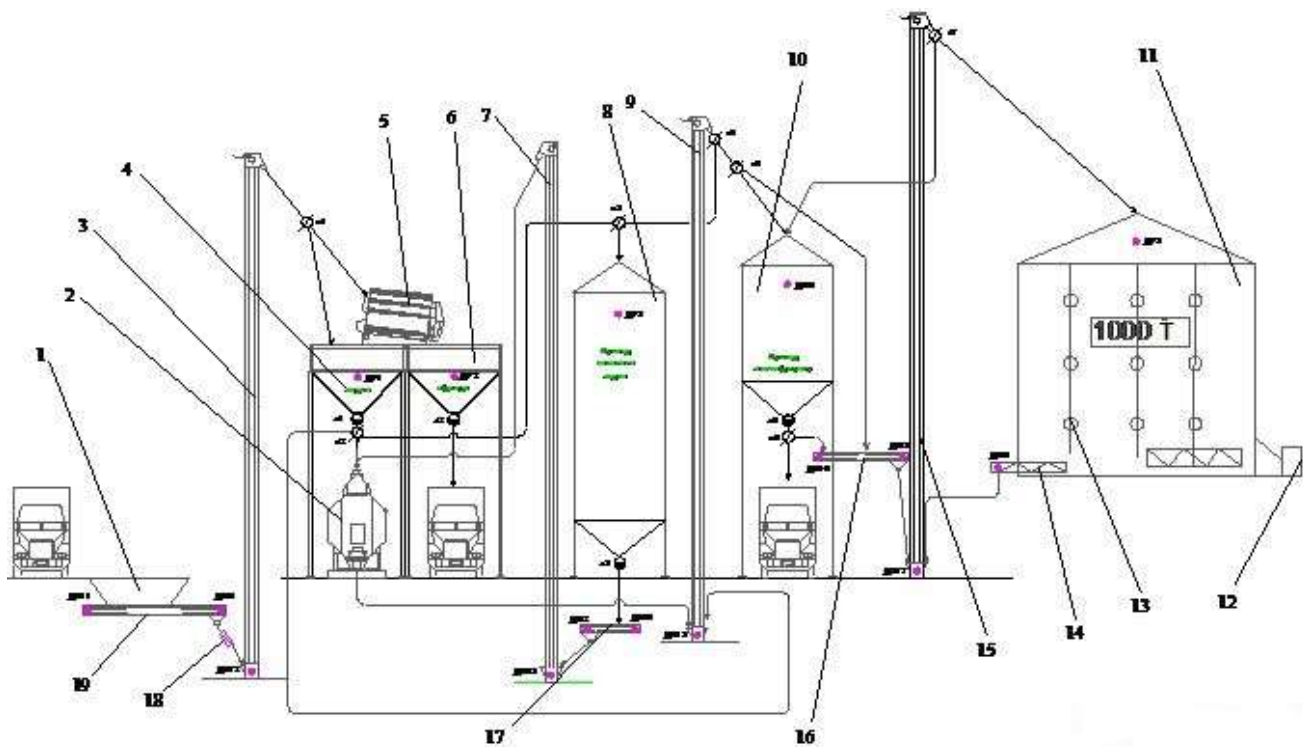


Рисунок 2.1 -

Технологічна схема зернового елеватора:

1 – первинний приймальний бункер для зерна; 2 – сушильний модуль; 3 – вертикальний конвеєр (норія) для подачі зерна; 4 – буферний бак для зерна; 5 – зерносепаратор; 6 – бак для відходів після очищення; 8 – бункер для вологого зерна; 9 – зерновий конвеєр після сушіння (норія); 10 – розвантажувальний бункер; 11 – силос для тривалого зберігання зерна; 12 – вентилятор бункера; 13 – датчики контролю температури; 14 – конвеєр для розвантаження; 15 – вертикальна транспортна норія бункера; 16, 17 – додаткові (проміжні) транспортні механізми; 18 – пристрій для видалення металевих домішок; 19 – живильний конвеєр з приймального відсіку: ДР – датчики рівня; ДП – датчик - положення; ДШ – датчик швидкості обертів); К – заслінки регулювання потоку; К- механізм перекидання потоку (клапан).

Рух зерна на елеваторі (див. рис. 2.1) визначається його вологістю та ступенем забруднення. З автомобіля воно надходить до початкового приймального бункера (поз. 1). Далі, з нижньої частини цієї ємності зернова маса транспортується за допомогою механізму подачі (поз. 19), проходить через пристрій для вилучення металевих домішок (поз. 18) і подається на підйомник (норію) поз. 3.

2.3 Складання паспортних даних стандартного технологічного обладнання

Для реалізації технологічного процесу сушіння та зберігання зерна у проекті розглядається умовна модель модульного зерноочисно-сушильного комплексу. Його склад базується на типових компонентах, які широко використовуються в аграрному секторі для забезпечення обробки зерна в умовах змінної вологості та об'ємів урожаю.

Таблиця 2.3 – Складові та технічні характеристики зерноочисно-сушильного комплексу (умовна модель)

Приймально-подавальний пристрій	
Продуктивність конвеєра	60 т/год
Довжина конвеєра	15 м
Об'єм приймального бункера з тентом	50 м ³ (37,5 т)
Норія зернова для подачі зерна в очисний модуль	
Продуктивність	60 т/год
Висота	17 м
Відділення очистки зерна	
Об'єм бункера	40 м ³ - 3 шт.
Оснастка:	

– машина попередньої очистки ОЗС-100 продуктивністю 100 т/год	
– установка циклона Ц-1000	2 шт.
– машина первинної очистки СВР-30 продуктивністю	30 т/год
– установка циклона Ц-1250	
Модуль сушіння зерна	
Продуктивність	30 т/год
Об'єм	80 м ³ (60 т)
Висота	17 м
Оснастка:	
– вентилятор осьовий 40000 м ³ /ч	4 шт.
– норія з продукцією 59 т/год, висота	22,5 м
– вивантажувальний конвеєр 60 т/год, довжина	8 м
Норія зернова для розвантаження сушильного модуля	
Продуктивність	60 т/год
Висота	18 м
Система технологічних зернопроводів	
Діаметр зернопроводів	250 мм
Повітрянагрівач змішувального типу	
Вид палива	дизельне паливо
Теплова потужність	3,2 МВт
Витрата дизельного палива	225 кг/год
Операторна	
Габаритні розміри	4,2×2,35×2,7 м
Оснастка:	

– робоче місце оператора з ПК
– шкаф ВРУ
– кондиціонер

2.4 Складання завдання на проектування електричної частини нестандартного технологічного обладнання

У рамках реконструкції системи електрифікації зернопункту ПСП «Слобожанщина Агро» передбачається проектування електричної частини нестандартного технологічного обладнання. До такого обладнання належить автоматизована система керування сушінням та зберіганням зерна, що включає:

- транспортерні лінії для переміщення зерна між технологічними зонами;
- автоматизовану систему сушіння з регулюванням температури та вологості;
- механізми дозування та пакування готової продукції.

Завдання передбачає:

- Розробку електроприводів для механізмів транспортування, змішування та дозування зерна.
- Проектування системи автоматизованого керування сушильним комплексом із датчиками температури, вологості та рівня зерна.
- Впровадження енергоефективних рішень для оптимізації енергоспоживання та мінімізації втрат.

Для реалізації електричної частини обладнання необхідно визначити наступні вимоги:

- Напруга живлення: 380 В, 50 Гц (для основних механізмів), 220 В, 50 Гц (для допоміжного обладнання).
- Потужність основного навантаження: 50–100 кВт (залежно від продуктивності сушарки та транспортерів).
- Коефіцієнт потужності ($\cos\phi$): не менше 0,9 (за необхідності передбачити компенсацію реактивної потужності).

- Використання програмованих логічних контролерів (PLC) для автоматизації процесу сушіння.
- Інтеграція датчиків температури, вологості та рівня зерна з контролерами.
- Можливість віддаленого моніторингу та управління через диспетчерський пункт.
- Захист від перевантаження та короткого замикання.
- Використання аварійного відключення у разі перегріву сушарки або виходу параметрів за межі норми.
- Монтаж системи заземлення та грозозахисту.
- Впровадження резервного живлення (дизель-генератор або UPS) для забезпечення безперервної роботи критичних вузлів.
- Передача даних між системами обліку зерна та автоматизованою системою керування.
- Взаємодія електроприводів з механічною частиною обладнання для оптимальної синхронізації.
- Налаштування взаємодії з вентиляційною системою для підтримки температурного режиму.

Проектування електричної частини цього нестандартного обладнання дозволить підвищити ефективність обробки зерна, автоматизувати контроль процесів та забезпечити стабільну роботу всіх механізмів зернопункту

2.5 Створення вимог до технології створеного проекту електрифікації

Покращена система електрифікації зернопункту ПСП «Слобожанщина Агро» повинна відповідати таким ключовим характеристикам:

- Надійність
- Використання сучасного обладнання з високими показниками зносостійкості та мінімальними вимогами до технічного обслуговування.

- Запровадження резервного електроживлення (дизель-генератор, UPS) для забезпечення безперервної роботи критично важливого обладнання (сушарки, транспортери).

- Дублювання основних ліній живлення та автоматичне перемикання на резервну схему при відмовах.

- Енергоефективність

- Використання частотних перетворювачів для оптимізації роботи електроприводів транспортерів та вентиляторів сушарки.

- Впровадження системи компенсації реактивної потужності для підвищення коефіцієнта потужності до рівня 0,95–0,98.

- Використання LED-освітлення та автоматизованого керування освітленням для зниження витрат електроенергії.

- Безпека

- Системи автоматичного аварійного відключення у разі перевантаження або короткого замикання.

- Впровадження електричного заземлення та блискавкозахисту для передбачення травм обладнання та надання безпечних умов штату.

- Сенсори температури, вологості та рівня зерна для контролю процесу сушіння та зберігання.

- Автоматизація та інтеграція

- Встановлення програмованих логічних контролерів (PLC) для централізованого управління технологічними процесами.

- Інтеграція системи електропостачання з автоматизованою системою контролю та моніторингу.

- Віддалений контроль через диспетчерський пункт із можливістю управління основними процесами в режимі онлайн.

На основі проведених досліджень, аналізу електричних навантажень, вибору технологічного обладнання та вимог до його електрифікації, прийнято загальне рішення щодо реконструкції системи електрифікації зернопункту.

Основні технічні рішення:

- Перехід на сучасну систему електропостачання з урахуванням резервного живлення та автоматизації.

- Оптимізація електричних мереж, заміна старих кабельних ліній на енергоефективні з підвищеною пропускнуою здатністю.

- Використання частотних регуляторів для керування електроприводами сушильного комплексу та транспортерних ліній.

- Встановлення додаткових розподільчих підстанцій 10/0,4 кВ для рівномірного розподілу навантаження.

- Автоматизація процесів сушіння та зберігання зерна для підвищення енергоефективності та зниження людського фактора.

Таким чином, реалізація даного проекту дозволить підвищити продуктивність зернопункту, знизити витрати на електроенергію та забезпечити безпечні умови експлуатації всього комплексу.

3. РОЗРАХУНОК І ОБРАННЯ СИЛОВОГО ЕЛЕКТРОНАПОВНЕННЯ

3.1 Обрання силового електронаповнення

Надійність праці електродвигуна визначається стійкістю його конструкції до впливу кліматичних умов навколишнього середовища.

Виходячи з цього підбір електродвигунів здійснюється з урахуванням таких параметрів:

- Кліматичному виконанню;
- Категорії розміщення;
- Ступеню захисту;
- Способу охолодження.

Згідно ДСТУ сорок один 63:20 двадцять, усе електротехнічне обладнання, що постачається для потреб сільського господарства, має відповідати кліматичному виконанню типу «У».

Оскільки приміщення ЗСК-30 класифікується як середовище з підвищеною вологістю, відповідно до норм обрання двигунів до стану екології раціонально застосовувати електрорушії з групою розташування У2 та системою захищення ІР сорок чотири, що забезпечує захист від випадкового контакту з внутрішніми елементами, проникнення твердих частинок і вологи всередину корпусу.

Привод машин і механізмів у ЗСК-30 реалізується через трифазні асинхронні електродвигуни серії АІР, розраховані на мережеву напругу 380 В і частоту 50 Гц.

У даному проекті передбачено встановлення п'яти електродвигунів для обслуговування основного технологічного обладнання: транспортерів, вентиляторів, норій. Для кожного з них виконується підбір за параметрами навантаження та умовами експлуатації. Типові характеристики наведено в таблицях 3.1–3.2. Детальний приклад перевірного розрахунку подано в підрозділі 3.2.

3.2 Обрахунок на перевірку потужності силового електронаповнення

Розрахунок на аудит виконується для двигуна вентилятора сушильного модуля.

Для якісної роботи електрорушій має відповідати наступним параметрам:

Подача $Q_B = 5 \times 10^3 \text{ м}^3 / \text{год}$.

Тиск $P_B = 392 \times 10^{-6} \text{ МПа}$

Розрахункова потужність

$$P_p = \frac{Q_B P_B}{\eta_B \eta_n} \quad (3.1)$$

$$P_p = \frac{5 \cdot 10^3 \cdot 395 \cdot 10^{-6}}{0,85 \cdot 0,5} = 4,6 \text{ кВт}$$

Двигун вибирається за умовою

$$P_n \geq P_{\text{розр.}} \quad (3.2)$$

$$K_3 = 4,6 * 1,05 = 4,9 \text{ кВт}$$

З урахуванням умови $P_n \geq P_p$, згідно з каталогом обрано асинхронний електродвигун типу АИР112М4У3 ІР54: висота осі обертання — 112 мм, літера М позначає середню довжину сердечника статора, число полюсів — 4 (синхронна частота обертання 1500 об/хв), кліматичне виконання — для помірної зони, категорія розміщення — третя, ступінь захисту — ІР54, виконання — на лапах.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики електродвигуна

Тип	P_n , кВт	I_n , А	η_n , %	ККД _n	S_n , %	$\frac{M_n}{M_H}$	$\frac{M_{кр}}{M_H}$	$\frac{M_{мін}}{M_H}$	$\frac{I_n}{I_H}$
АИР112М4	5,5	11,4	85,5	0,86	4,5	2	2,5	1,6	7

Норія використовується для вертикального транспортування зернової маси та відходів у складі технологічних ліній і агрегатів. Двопоточні моделі відрізняються від однопоточних наявністю двох стрічок із ковшами та подвійними комплектами барабанів у нижній і верхній секціях, що дає змогу одночасно подавати матеріал на дві окремі технологічні гілки. Конструктивно норія складається з безперервної стрічки з прикріпленими ковшами, розміщеної у

металевому кожусі. Стрічка натягнута на два барабани: верхній - привідний, нижній - натяжний. Поверхня стрічки прогумована, а ковші закріплюються за допомогою монтажних болтів.

Для решти електроприводів вибір електродвигунів проводиться аналогічно. Вибрані електродвигуни представлені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2- Технічна характеристика електродвигунів

№	Обладнання	Позначення	Тип двигуна	Потужність, кВт
1	Вентилятор модуля сушіння	M1	AIP112M4Y3	4,6
2	Завантажувальна норія	M2	AIP71B4YPU3	0,75
3	Вивантажувальна норія	M3	AIP100S4Y3	3,0
4	Транспортер бункера	M4	AIP112M4Y3	5,5
5	Вентилятор охолодження зерна	M5	AIP80B4YPU3	1,1

3.3 Складання схеми розташування силового електрообладнання

Схема розташування силового електрообладнання показана на аркуші графічної частини.

Трансформаторна підстанція передбачена для **зовнішнього встановлення**, що відповідає вимогам ПУЕ та забезпечує безпечні умови експлуатації в умовах сільськогосподарського підприємства.

4. СТВОРЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЇ

4.1 Розгляд опису технології

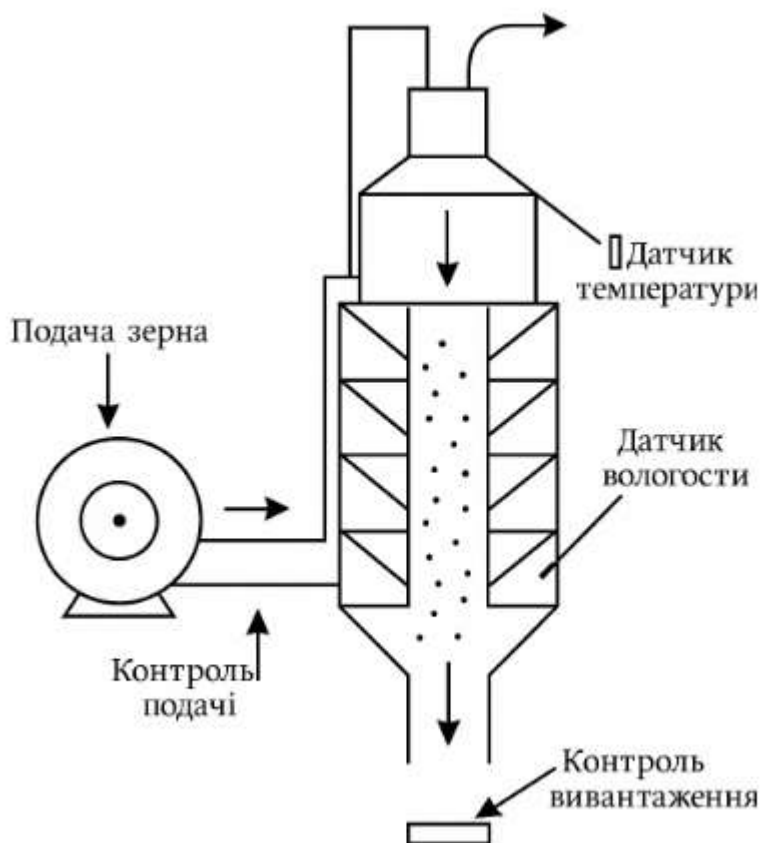


Рисунок 4.1 – Умовна технологічна схема сушарки

Після попереднього очищення вологе зерно надходить у завантажувальний пристрій сушарки, де його рівень регулюється спеціальними датчиками. Якщо зерна недостатньо, вмикається завантажувальний механізм; при досягненні максимального рівня подача припиняється.

Далі зерно заповнює сушильну шахту, де встановлені температурні сенсори, що контролюють параметри нагріву в процесі теплової обробки. Зернова маса піднімається норіями й потрапляє у завантажувальну секцію, звідки надходить у шахту для сушіння.

У шахті зерно поступово рухається вниз, проходячи між двома циліндрами з перфорованими стінками. Через ці стінки проходить нагріте повітря, яке подається вентиляторами. Таким чином відбувається рівномірна подача тепла та виведення вологи. Переміщення та стан зерна постійно відстежуються датчиками вологості та температури, що дає змогу автоматично коригувати параметри сушіння.

Після досягнення заданої вологості спрацьовує механізм порційного розвантаження - шибєрний затвор, який відкривається й переміщує продукт на наступну обробку. При надмірній кількості продукту в низині шахти шибєр автоматично закривається до відновлення допустимого рівня.

Нагріте повітря, що утворюється в топці, надходить через відкриті вікна до підвідного дифузора, звідки спрямовується в зернову масу. Там воно поглинає вологу, після чого виводиться через окремий ряд відвідних каналів і за допомогою вентиляторів видаляється назовні.

Після первинного очищення вологе зерно надходить до завантажувальних ковшів норій 7, які транспортують його до надсушильних бункерів 6, що, у свою чергу, заповнюють шахти сушарок 10. У надсушильних бункерах розміщені датчики, які контролюють мінімальний і максимальний рівень заповнення. Вони керують роботою порційного розвантажувача: коли рівень досягає мінімуму — електродвигун зупиняється, при досягненні максимуму — вмикається знову.

Надлишкове зерно з бункера 6 через систему зерносливів повертається до завального відсіку.

У нижній частині сушильної шахти вмонтовані температурні датчики, які дистанційно фіксують температуру нагрівання зерна в зоні топки.

Після сушки зерно за допомогою норій подається до витратомірних лотків, звідки надходить до охолоджувальних колонок. Конструктивно ці колонки складаються з двох циліндрів: у верхній частині внутрішнього розміщено всмоктувальний патрубок вентилятора, через який відводиться тепле повітря. Зернова маса знаходиться в проміжку між перфорованими стінками

циліндрів і охолоджується завдяки проходженню повітряного потоку крізь її шар.

Під час розробки системи автоматизації виробничого процесу необхідно враховувати такі ключові вимоги:

1. Технологічне обладнання повинно бути укомплектоване електроприводами, сенсорними пристроями, датчиками, регуляторами та програмованими логічними контролерами, які забезпечують автоматизоване управління механізмами і виконання операцій у визначеній послідовності.
2. Система повинна включати інтегровані засоби технічної діагностики, що дозволяють без демонтажу оцінити стан обладнання і прогнозувати можливі відмови.
3. В електричній схемі керування має бути реалізована можливість як автоматичного, так і ручного режиму управління.
4. У ручному режимі слід передбачити два підрежими: робочий і налагоджувальний.
5. На пульті управління обов'язково має бути організована світлова сигналізація для індикації стану роботи електрообладнання технологічного комплексу.
6. Повинна бути реалізована можливість як локального, так і дистанційного керування.
7. Необхідно забезпечити ефективний захист електрообладнання від нештатних та аварійних режимів роботи.

4.2 Визначення об'єму параметрів, що підлягають контролю і автоматичному регулюванню

Відповідно до обраної технологічної схеми формуються основні параметри, які підлягають контролю та регулюванню, і узагальнюються у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Параметри контролю та керування

Технологічне обладнання	Параметри	
	Контролю	Керування
Сушильна шахта	Температура, швидкість повітряного потоку, витрати енергії	Увімкнення/вимкнення приводу норії
Охолоджувальна колонка	Температурний режим	Регулювання частоти обертання вентилятора
Завантажувальна норія І-20	Споживаний струм	Увімкнення/вимкнення електродвигуна
Завантажувальна норія І-30	Споживаний струм	Увімкнення/вимкнення електродвигуна
Норія вивантажувальна І-20	Споживаний струм	Увімкнення/вимкнення електродвигуна
Норія вивантажувальна І-30	Споживаний струм	Увімкнення/вимкнення електродвигуна

Кожна система технічних засобів автоматизації є поєднанням підсистем, що відповідають за збір, обробку, передавання та виведення інформації.

Використовувані засоби збору, реєстрації й передачі даних відрізняються залежно від рівня ієрархії системи, її функціонального призначення та складу.

У якості ключових засобів автоматизації для лінії сушіння зерна обрано пристрої, технічні параметри яких наведено в таб. 4.2.

Таб. 4.2 – Технічні характеристики засобів автоматизації підсушення зерна

Перелік	Значення
1	2
Індикатор рівня зерна МДУ-2С	
1. діапазон спрацювання	1. 60 – 100г
2. переміщення мембрани	2. 3 – 4мм
3. робоча напруга	3. 220В
4. тип мікроперемикача	4. МП-3
5. струм через контакти	5. до 2,5 А
6. тип контактів	6. миттєве
7. розміри	
- довжина	- 116мм
- ширина	- 116мм
- висота	- 72мм
8. діаметр мембрани	8. 105мм
9. виконання	9. ущільнене
10. температурний діапазон роботи	10. -20°C - +40°C
11. маса	11. 0,58кг

1	2
Датчик температури РПИБ-Т 1. межі регулювання 2. точність вимірювання 3. напруга на виході 4. потужність 5. напруга на виході 6. ціна поділу шкали	1. 0-100,100-300°C 2. ±1°C 3. 220В 4. 8Вт 5. 24В 6. 0,5-2 °С
Датчик вологості РВЗ-3 1. робочий діапазон вологості 2. час стабілізації показів 3. межі регулювання середній строк служби	1. 10-26% 2. до 1 хв. 3. 0,3% 4. 8 років
Датчик рівня зерна РУС-3 1. зусилля спрацьовування 2. Хід робочої мембрани 3. робоча напруга 4. тип мікроперемикача 5. Граничне значення струму крізь контакти 6. перемикання контактів 7. габаритні розміри - довжина - ширина	1. 150-200г 2. 5-6мм 3. 220В 4. МП-3 5. до 2,5А 6. миттєве 7. - 150мм - 150мм
- висота 8. виконання 9. діаметр мембрани 10. допустима температура вага	- 50мм 8. ущільнене 9. 120мм 10. -20°C - +40°C 11. приблизно 0,8кг

4.3 Створення схеми функціонального контролю і керування технологією

Схема роботи технології автоматизації є ключовим технічним документом, що встановлює структурну організацію частин автоматичного аудиту, налагодження та управління технологічними процесами, а також визначає засоби і пристрої автоматизації, необхідні для забезпечення ефективної роботи зернопункту.

Усі елементи автоматизованої системи керування позначені на принциповій електричній схемі згідно з ГОСТ 2.755-87. Умовні позначення (К1,

SA1, SQ1, PP тощо) відповідають структурі схеми, поданої на аркуші 11 графічної частини.

Позначення вимірюваних параметрів, функціональних призначень, пристроїв і їхніх характеристик у схемах автоматизації здійснюється відповідно до вимог ДСТУ 4163:2020.

У процесі створення схеми функціоналу автоматизації зернопідсушувального обладнання ставляться такі основні завдання::

1. забезпечення збору первинної інформації щодо стану обладнання та перебігу технологічного процесу;

2 здійснення безпосереднього впливу на процес сушіння зерна з метою його ефективного керування;

3. уніфікація та нормування основних технологічних параметрів;

4. реалізація функцій контролю та автоматичного регулювання ключових показників процесу.

4.4 Створення принципової схеми електрики автоматичного управління

Ця схема лінії підсушення продукту на зерномайданчику наведена на кресленні графічного розділу проекту.

4.5 Створення схем приєднань шаф та пультів управління і сигналу

Зображення з'єднань лінії підсушення продукту на зернопункті приведена на аркуші графічної частини проекту.

4.6 Створення зображень приєднання і місцезнаходження

Спираючись на принципову схеми електричного керування формується схема підключення електрообладнання. Усі позначення електричних ланцюгів виконуються відповідно до вимог стандарту ДСТУ EN 503тридцять чотири:20 двадцять два.

Це зображення приєднання і розташування лінії підсушення культури на зерноділянці знаходиться в частині графічної складової проекту.

4.7 Обчислення надійності автоматичної складової керування

Можливість безупинної роботи системи управління визначається надійністю її складових компонентів, конфігурацією з'єднань між ними та рівнем передбаченого резервування. Для оцінки надійності системи автоматичного керування розраховують інтенсивність відмов її елементів за відповідною формулою.

$$P(t) = e^{-\sum k \cdot \lambda_i \cdot t} \quad (4.1)$$

де k – коефіцієнт екологічного впливу, k дорівнює 10;

λ_i – частота зупинки кожної складової, год⁻¹;

t – період праці, год.

За довідниками знаходимо показники та зносимо в таб. 4.3.

Таблиця 4.3 – Частота не спрацювання складових схеми

Назва елемента	Кількість	Інтенсивність відмовлення	
		одного елемента	всіх елементів
1	2	3	4
1. Магнітний пускач	5	$0,01 \cdot 10^{-3}$	$0,05 \cdot 10^{-3}$
2. Автоматичний вимикач	1	$0,00022 \cdot 10^{-3}$	$0,00022 \cdot 10^{-3}$
3. Трансформатор	1	$0,0015 \cdot 10^{-3}$	$0,0015 \cdot 10^{-3}$
4. Проміжне реле	1	$0,007 \cdot 10^{-3}$	$0,007 \cdot 10^{-3}$
5. Кінцевий вимикач	2	$0,014 \cdot 10^{-3}$	$0,028 \cdot 10^{-3}$
6. Кнопки керування	6	$0,0009 \cdot 10^{-3}$	$0,0054 \cdot 10^{-3}$
7. Лампи сигнальні	2	$0,001 \cdot 10^{-3}$	$0,002 \cdot 10^{-3}$
8. Датчик вологості	1	$0,005 \cdot 10^{-3}$	$0,005 \cdot 10^{-3}$
9. Резистори	2	$0,006 \cdot 10^{-3}$	$0,012 \cdot 10^{-3}$
10. Датчик температури	1	$0,0045 \cdot 10^{-3}$	$0,0045 \cdot 10^{-3}$
11. Датчик рівня	4	$0,0025 \cdot 10^{-3}$	$0,01 \cdot 10^{-3}$
12. Реле часу	4	$0,0909 \cdot 10^{-3}$	$0,3636 \cdot 10^{-3}$
13. Виконавчий механізм	4	$0,079 \cdot 10^{-3}$	$0,316 \cdot 10^{-3}$
ВСЬОГО		$0,777 \cdot 10^{-3}$	

$$P(t) = e^{-\sum 10 \cdot 0,777 \cdot 10^{-3} \cdot 0,4} = 0,97$$

Час беззупинної роботи визначається за формулою:

$$T = \frac{1}{\lambda_i} \quad (4.2)$$

$$T = \frac{1}{0,777 \cdot 10^{-3}} = 1287 \text{ год}$$

Отримане значення середнього часу безвідмовної роботи свідчить про типовий рівень надійності, характерний для більшості промислових пристроїв автоматизації..

4.8 Техніко-економічне обґрунтування ефективності прийнятого технічного рішення

Вихідні дані:

- Початкові інвестиції: 500 000 грн (сума, що включає закупівлю обладнання, монтаж, налаштування та інтеграцію).
- Термін експлуатації: 10 років.
- Дисконтна ставка: 10% річних.
- Очікувана річна економія: 125 000 грн (за рахунок зниження витрат на електроенергію, обслуговування та мінімізації простоїв).

Термін окупності визначається як співвідношення початкових інвестицій до річної економії:

$$\text{Термін окупності} = 500\,000 \text{ грн} / 125\,000 \text{ грн} = 4 \text{ роки.}$$

Це означає, що за 4 роки економія від модернізації покриє початкові витрати.

Формула для чистої приведеної вартості (NPV):

$$NPV = \sum (\text{Економія}_t / (1 + r)^t) - \text{Початкові інвестиції},$$

де r – дисконтна ставка, t – рік від 1 до 10.

Спочатку визначимо суму дисконтованих економій за 10 років за допомогою формули ануїтету:

Сума = Річна економія $\times [1 - (1 / (1 + r)^{10})] / r(1 + 0.10)^{10} \approx 2.593741 / 2.59374 \approx 0.385541 - 0.38554 = 0.61446$

Сума = 125 000 грн $\times (0.61446 / 0.10) \approx 125\,000 \text{ грн} \times 6.1446 \approx 768\,075 \text{ грн}$

Отже, $NPV = 768\,075 \text{ грн} - 500\,000 \text{ грн} = +268\,075 \text{ грн}$

Додатне число NPV показує на те, що інвестиції окупляться і принесуть додаткову вартість протягом експлуатаційного періоду.

Розрахунок ROI (рівень рентабельності інвестицій):

$ROI = (\text{Річна економія} / \text{Початкові інвестиції}) \times 100\%$

$ROI = (125\,000 \text{ грн} / 500\,000 \text{ грн}) \times 100\% = 25\%$

Цей показник демонструє, що інвестиції повертаються з річною рентабельністю в 25%, що є досить привабливим показником для проектів подібного типу.

Проведені розрахунки демонструють наступне:

- Термін окупності: 4 роки
- Затрати на складання ціни (NPV): +268 075 грн
- Рівень ROI: 25%

Таким чином, використання середніх ринкових цін у цьому розрахунку підтверджує економічну доцільність модернізації системи електрифікації та автоматизації зернопункту. Проект забезпечує швидку окупність інвестицій і позитивний чистий приведений дохід, що свідчить про його ефективність у довгостроковій перспективі.

4.9 Складання мнемосхем

Мнемосхема зернопункту приведена на рисунку 4.2

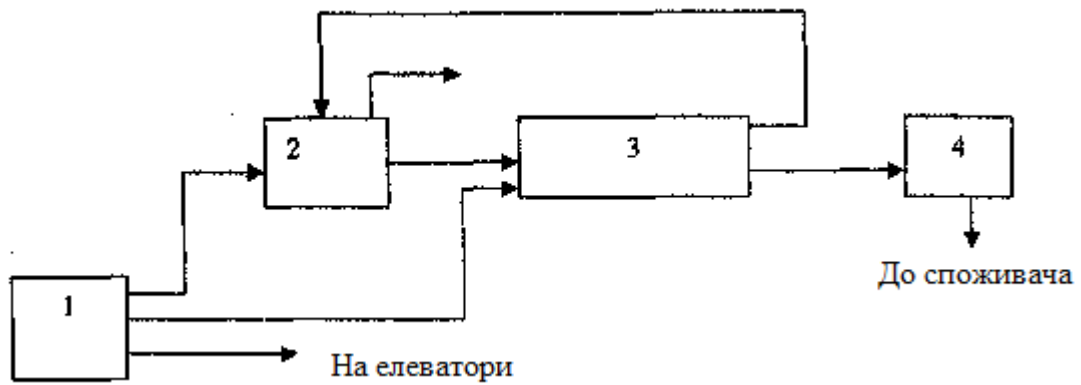


Рисунок 4.2 – Мнемосхема зернопункту

4.10 Складання специфікації (таблиці переліку елементів) на матеріали та обладнання

Таблиця 4.4 – Перелік елементів

Позначення	Найменування	Кільк	Примітка
1	2	3	4
<u>Електродвигуни</u>			
M1	АІР112М4У3, ТУ16-510.776-81	1	$P_H = 4,6 \text{ кВт}$
M2	АІР71В4УПУ3, ТУ16-510.776-81	1	$P_H = 0,75 \text{ кВт}$
M3	АІР100S4У3, ТУ16-510.810-83	1	$P_H = 3,0 \text{ кВт}$
M4	АІР112М4У3, ТУ16-510.810-83	1	$P_H = 5,5 \text{ кВт}$
M5	АІР80В4УПУ3, ТУ16-51-.776-81	1	$P_H = 1,1 \text{ кВт}$
<u>Магнітні пускачі</u>			
КМ15, КМ4	ПММ1-9/380УПУ3, ТУ У 31.2-25019584-008-2004	2	$I_H = 9 \text{ А}$
КМ9	ПММ1-9/380УПУ3, ТУ У 31.2-25019584-008-2004	1	$I_H = 9 \text{ А}$
КМ3	ПММ2-25/380УПУ3, ТУ У 31.2-25019584-008-2004	1	$I_H = 25 \text{ А}$
КМ1	ПММ4-63/380УПУ3, ТУ У 31.2-25019584-008-2004	1	$I_H = 63 \text{ А}$

	<u>Теплові реле</u>		
KK15	РТ2М-25В(9-13)УПУЗ, ТУ У 31.2-25019584-011-2005	1	I _н =25 А
KK4	РТ2М-25В(9-13)УПУЗ, ТУ У 31.2-25019584-011-2005	1	I _н =25 А
KK3	РТ2М-25В(5-8)УПУЗ, Т У У 31.2-25019584-011-2005	1	I _н =25 А
KK1	РТ2М-25В(5-8)УПУЗ, ТУ У 31.2-25019584-011-2005	1	I _н =25 А
KK9	РТ2М-25В(5-8)УПУЗ, ТУ У 31.2-25019584-011-2005	1	I _н =25 А
	<u>Автоматичні вимикачі</u>		
QF1-QF3	АВ2000/3D63/400УПУЗ, ТУ У 31.2-25039584-001-2006	3	I _н =63 А
QF4	АВ2000/3D25/400УПУЗ, ТУ У 31.2-25039584-001-2006	1	I _н =25 А
	<u>Універсальні перемикачі</u>		
SA1, SA3	УП5408, ТУ16-524.074-75	2	
	<u>Перемикач пакетний</u>		
SA2	ПВП13, ТУ16-526.487-81	1	

	<u>Кнопковий пост</u>		
SB3, SB4	ПКЕ622-2, ТУ16-526.216-78	2	
	<u>Кнопки керування</u>		
SB1, SB2	КЕ-041, ТУ16-526.407-79	2	
	<u>Трансформатор запалення</u>		
TV	ТГ-1020	1	
	<u>Проміжне реле</u>		
KL	НЕ-2, НЕ16-523/331-78	1	
	<u>Реле часу</u>		
KT1-KT4	РПУ-2, ТУ16-523.331-78	4	
	<u>Резистор</u>		
R	ПЕВ, ТУ16-527.197-79	2	
	<u>Сигнальні лампи</u>		
HL1, HL2	КС-53, НЕ16-535/417-75	2	
SK	Регулятор температури РПИБ-Т	1	
W	Регулятор вологості РВЗ-3	1	
Ф	Реле контролю полум'я	1	
SL2, SL3	Датчик рівня РУС-3	2	
SL1, SL4	Датчик рівня МДУ-2С	2	

5. ПРОЕКТУВАННЯ ВНУТРИШНЬОЇ ЦЕХОВОЇ СИЛОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

5.1 Обрання плану живлення силових електросприймачів

Головними критеріями при виборі схеми підключення силових струмоприймачів є: надійність внутрішньої силової проводки, зручність експлуатації, мінімальна довжина трасування, відповідність умовам довкілля, дотримання вимог безпеки праці, а також пожежо- та вибухозахищеність системи..

Живлення зерносушарки забезпечується кабельною лінією від трансформаторної підстанції з напругою 10/0,4 кВ. Електроенергія надходить до головної силової шафи А1, звідки здійснюється розподіл до шаф керування А2–А4, встановлених у приміщенні електрощитової.

5.2 Складання принципової схеми внутрішньої силової електричної мережі

Після розрахунку типів силового електрообладнання та його розміщення на схемі будівлі утворюється розрахунково-монтажна схема. У процесі розробки споживачі електроенергії, які пов'язані технологією, знаходяться у безпосередній близькості один до одного та мають приблизно однакове енергоспоживання, об'єднуються в окремі групи.

Принципова схема внутрішньої солової електричної мережі представлена в графічній частині проекту.

5.3 Розрахунок навантажень на окремих ділянках внутрішньої мережі

Аналогічно виконується розрахунок струму в силових колах, що живлять інші електродвигуни (М1–М14).

Значення розрахункового струму рахуємо за формулою:

$$I_{pmi} = K_0 \sum I_{pi} \quad (5.2)$$

де K_0 - коефіцієнт одночасності ;

I_{pi} - струми і-го розрахунку, А

Для лінії магістралі, яка забезпечує живленням шафи керування А5–А6, коефіцієнт одночасності приймається рівним $K=1,0$. Розрахунковий струм у цьому випадку визначається за формулою:

$$I_{pmi} = K_0 (I_{p1} + I_{p2}) \cdot 2 \quad (5.3)$$

де I_{p1}, I_{p2} - струми групо ділянок, А:

$$I_{pmi} = 1(11,5 + 3,5) \cdot 2 = 30 \text{ А}$$

Струм вводу обчислюється за формулою:

$$I_{pmi} = K_0 \sum I_{pmi} \quad (5.4)$$

де K_0 - коефіцієнт одночасності, $K_0 = 0,8$;

I_{pmi} - струми і-го споживача, А

$$I_{pmi} = 0,8(30 + 28,14 + 57) = 92,11 \text{ А}$$

5.4 Вибір кабелів, проводів та їх розташування згідно маркування.

Для підєднання електродвигуна МЗ обирається провід марки АПВ, який прокладається в захисних трубах, що забезпечують механічну міцність та додаткову ізоляцію лінії живлення. Проводи згідно умов визначаємо:

$$I_{доп} \geq I_{pi} \quad (5.5)$$

де $I_{доп}, I_{pi}$ - струм можливий та за формулами розрахунковий, А.

Умови експлуатації витримані, обраний перетин проводу вважається правильним. Діаметр захисної труби розраховується за формулою:

$$d_{тр} = d_{пр} \sqrt{\frac{n}{K_з}} \quad (5.6)$$

де $d_{пр}$ - провід плюс ізоляція, мм;

n - число проводів

$K_з$ - число заповнення; $K_з = 0,45 \dots 0,55$

$$d_{тр} = 2,5 \sqrt{\frac{4}{0,5}} = 20 \text{ мм}$$

Обираємо діаметр труби Т-20

Для живлення магістральної ділянки також обирається провід типу АПВ, який укладається у захисних трубах. Такий спосіб монтажу забезпечує додаткову механічну захищеність і відповідає вимогам до безпечної експлуатації в умовах сільськогосподарського виробництва. Тому $I_{рма} = 30 \text{ А}$, перетин провідникового матеріалу приймаємо 4 мм^2 магістралі з $I_{доп} = 32 \text{ А}$.

За аналогією здійснюється підбір перерізу та типу проводів і кабелів ділянок магістралі електромережі. Для підключення зовнішнього живлення до об'єкта обрано кабель маркування АВРГ. Результати розрахунків використовуються при побудові схеми мережі силового розподілення.

5.5 Обрання автоматичних вимикачів, пускачів, запобіжників

Підбір магнітних пускачів проводиться з урахуванням таких критеріїв: відповідність номінальної напруги та струму електродвигуна, типу навантаження, умов експлуатації, частоти включень, а також необхідності забезпечення теплового та електромагнітного захисту.

1) за напругою на роботу:

$$U_{наб} \geq U_c \quad (5.10)$$

де U_c - напруга мережі, В;

2) за струмом номінального числа:

$$I_{нав} \geq I_p \quad (5.11)$$

де I_p - струм розрахунку ділянки, А;

3) за номінал струмом теплового реле

$$I_{нтр} \geq I_p \quad (5.12)$$

4) відповідно до напруги спрацювання котушки магнітного пускача підбирається значення 220 В або 380 В змінного струму;

5) залежно від потреби в зміні напрямку обертання вала електродвигуна обирається пускач реверсивного або нереверсивного типу;

6) враховується кількість допоміжних контактів для забезпечення логіки керування і індикації роботи;

7) пускач повинен відповідати умовам експлуатації за кліматичними умовами (УЗ) і категорією розміщення згідно з вимогами до середовища.

Для здійснення управлінням електрорушієм МЗ доцільно застосувати пускач серійного виробу ПМЛ-22200два, який має такі технічні характеристики:
 $I_{нмн} = 25$ А с тепловим реле РТЛ-10160чотири ТУ 16.523.549-82.

Вибір автовимикачів виготовляють за вимогами:

1) за номінал-напругою :

$$U_{нав} \geq U_c \quad (5.13)$$

де U_c - число напруги в мережі, В.

2) за номінал-струмом, А;

$$I_{нав} \geq I_p \quad (5.14)$$

3) за номінал-струмом розчеплювача, А;

$$I_{нрозч} \geq I_p \quad (5.15)$$

4) за струмом відсічки розчіплювала;

$$I_{відс.розч} \geq (1,5 \dots 1,8) \left[\sum_{i=0}^{n-1} I_n + I_{пнб} \right] \quad (5.16)$$

де I_n - номінал-струми електрорушіїв одночасно, А;

$I_{пнб}$ - пусковий максимальний струм електрорушіїв, А;

Для надання захисту електродвигунів М3 і М4 обрано автовимикач серійного ВА47-29/3/Дбтри, який має такі характеристики: триполюсне виконання, оснащення електромагнітними розчеплювачами з номінальним струмом спрацювання 63 А, виконання без додаткових контактів і допоміжних розчеплювачів, призначений для роботи при помірному кліматі, категорії розташування 3; $I_{устрозч} = 63 \text{ А}$;

Паспортні характеристики обраного обладнання вносяться до схеми силової мережі розподілу. При час вибору рубильників враховують наступні критерії:

Рубильники обирають згідно вимог:

3) за номінал-струмом:

$$I_{нав} \geq I_{рв} \quad (5.17)$$

де - $I_{рв}$ струм обчислення вводу, А; $I_{рв} = 92,11 \text{ А}$.

Для комутації приймаємо рубильник виду Р15-3532000Утри – з 3 полюсами з з числом захищення IP00.

5.6 Обрання шаф керування

Для реалізації керування використано типові серійні шафи типу ЯОА9203-30744ХЛЗ відповідно до ТУ 16.656.066-85. З метою автоматизації процесів зерносушіння обрана шафа керування моделі ЯАА 5910-3274ТУЗ згідно з технічними умовами ТУ 16.535.252-81.

5.7 Вибір силових розподільчих шаф

Електрощитова шафа з вбудованим обладнанням, яка забезпечує функції розподілу електроенергії, захисту електричних ланцюгів та керування споживачами, класифікується як низьковольтна комплектна установка (НКУ).

Підбір низьковольтних комплектних установок (НКУ) здійснюється з урахуванням таких критеріїв:

- тип конструктивного виконання;
- клас НКУ відповідно до призначення;
- підгрупа в межах класу;
- номінальний струм силової частини кола;
- номінальна напруга силового кола;
- напруга в колах керування;
- кількість та тип пристроїв захисту на вводі й вихідних лініях;
- ступінь захисту корпусу;
- кліматичне виконання та категорія розміщення відповідно до умов експлуатації.

Для промислового та аграрного секторів виробляється широкий асортимент низьковольтних комплектних установок (НКУ), які різняться між собою за типом електродвигуна, що обслуговується, функціональним призначенням, кількістю підключених двигунів, рівнем автоматизації та іншими технічними характеристиками. У роботі вибираємо силові розподільчі шафи типу ПР11-3046.

5.8 Складання специфікації (таблиці переліку елементів) на матеріали та обладнання

Таблиця 5.1 - Зведення розрахунків

Найменування	Одиниці вимір.	Кількість	Примітка
Провід АПВ	м	100	
Кабель АВРГ	м	15	

Труба Т-20	шт.	100	
Електромагнітний пускач ПМЛ-222002	шт	5	
Теплове реле РТЛ-101604	шт	5	
Автоматичний вимикач ВА47-29/3/D63	шт	5	
Рубильник Р15-3532000УЗ	шт	1	
Шафа керування ЯОА9203-30744ХЛЗ	шт	1	
Шафа керування ЯАА 5910-3274ТУЗ	шт	1	
Силова розподільча шафа ПР11-3046	шт	1	

6. ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОСВІТЛЕННЯ

6.1 Обрання освітлення

Виділяють три основні види освітлення:

- спільне освітлення;
- локалізоване (місцеве) освітлення;
- комбіноване освітлення.

Застосування виключно місцевого освітлення у виробничих приміщеннях заборонено.

Залежно від функціонального призначення освітлення поділяється на такі типи:

- робоче - забезпечує належні умови для виконання виробничих завдань;
- аварійне - гарантує можливість завершення робіт або евакуації у разі виходу з ладу основного освітлення.

Враховуючи вимоги до систем і типів освітлення, у межах даного проекту обрано систему спільного світла. Тип світла – для праці, а також чергове - для забезпечення можливості візуального контролю в неробочий час.

6.2 Обрання норм світла

Згідно до нормативних вимог, мінімально допустимий рівень освітленості для цього типу приміщення становить $E_{\min} = 20$ лк.. Розрахункова поверхня, на якій визначається освітленість, знаходиться на висоті $h_p = 0,5$ м від підлоги, що відповідає зоні розташування обладнання та робочих місць. Обираємо коефіцієнт запасу $k_3 = 1,5$.

Таблиця 6.1 - Таблиця 6.1- Вибір норм світла

№ п\п	Кімната	Норма світла E_n , Лк
2	Сушильне відділення	20
3	Щитова	50

6.3 Обрання джерел світла

Під час вибору світильників слід враховувати, що приміщення є запилене та призначене для виробничих потреб. У зв'язку з цим доцільно застосовувати підвісні світильники для промислових об'єктів, з прямим або переважно прямим світлорозподілом і типовою кривою сили світла. Потрібний рівень захисту корпусу - не нижче IP54. Усі зазначені вимоги задовольняє світильник типу НСП21-200УЗ.

Світильник типу НСП21-200УЗ є підвісним, одноламповим пристроєм загального призначення, призначеним для використання на промислових підприємствах. Оснащується лампою розжарювання потужністю до 200 Вт. Розрахований для роботи при помірному кліматі, підходить для заплених середовищ. Має захищення IP54 від влучення пилу та частинок води.

Технічні характеристики світильника НСП21-200УЗ із встановленою світлодіодною лампою ЕВРОСВІТЛО 15Вт 6400К (VIS-15-E27) подані в таблиці 6.1. У цьому варіанті використано енергоефективне рішення для виробничого освітлення з урахуванням умов запиленості та потреб безперебійного функціонування.

Таблиця 6.1 - Технічні характери світильника НСП21. 200УЗ

Тип світильника	Тип і потужність лампи	Світловий потік	Крива сили світла	ККД	Габаритні розміри
НСП21. 200УЗ	VIS-15-E27	2500 Лм	Д2	0,99	161*95

6.4 Обрання схеми місця джерел світла

Для забезпечення рівномірного освітлення приймається схема з розміщенням ламп по кутах уявного прямокутника, що охоплює робочу зону.

$$H_p = H_o - h_c - H_p \quad (6.1)$$

де H_o - висота кімнати, м

h_c - розмір завісу

H_p – Відстань від підлоги до джерел світла, 0,5 м.

$$H_p = H_o - h_c - H_p = 3,5 - 0,2 - 0,5 = 2,5$$

Розмір між лампами ряду, L_A і рядами ламп L_B

$$L_{AB} = \lambda_c * N_p \quad (6.2)$$

де λ_c – найкращий розмір $\lambda_c = (1,2 \dots 1,6)$,

$$L_{AB} = (1,2 \dots 1,6) * 2,5 = (3,0 \dots 4,0) \text{ м}$$

Приймаємо $L_A = 3,0$ м і $L_B = 4,0$ м.

Розмір від ряду ламп до стіни l_A і від стіни близько до ряду ламп l_B

$$l_{AB} = (0,25 \dots 0,5) L_{AB} \quad (6.3)$$

$$l_A = (0,25 \dots 0,5) L_A \quad (6.4)$$

$$l_A = (0,25 \dots 0,5) * 3,0 = (0,75 \dots 1,5) \text{ м}$$

$$l_B = (0,25 \dots 0,5) L_B \quad (6.5)$$

$$l_B = (0,25 \dots 0,5) * 4,0 = (1,0 \dots 2,0) \text{ м}$$

$$l_A = 0,75 \text{ м } l_B = 2,0 \text{ м.}$$

Число світильників в ряду

$$N_1 = (A - 2l_A) / L_A \quad (6.6) \quad N_1 = 9 - 2 * 0,75 * 3,0 = 3,5$$

$$N_2 = (B - 2l_B) / L_B \quad (6.7) \quad N_2 = 8 - 2 * 2,0 = 2$$

Приймаємо $N_1 = 4$ лампи в ряд $N_2 = 2$ світильника в ряду

Всього ламп у кімнаті $N = N_1 * N_2 = 4 * 2 = 8$ штук ламп

$$L_A = (A - 2l_A) / (N_1 - 1) \quad (6.8)$$

$$L_A = (9 - 2 * 0,75) / (4 - 1) = 2,5 \text{ м}$$

$$L_B = (B - 2l_B) / (N_2 - 1) \quad (6.9)$$

$$L_B = (8 - 2) / (2 - 1) = 4 \text{ м}$$

Обрано наступні коефіцієнти відбиття $\rho_n = 30\%$, $\rho_c = 10\%$, $\rho_p = 10\%$.

Шифр кімнати

$$j = \frac{S}{h_p (A + B)} \quad (6.10)$$

де S – площа кімнати, м^2 .

$$j = \frac{9 \cdot 8}{2,5(9 + 8)}$$

Потік світла ламп

$$\Phi_p = E_{\text{мин}} \cdot k_3 \cdot S \cdot z / (n_c \cdot N \cdot \eta) \text{ лм} \quad (6.11)$$

де $E_{\text{мин}}$ - мін норма світла, лк;

k_3 - число запасання;

Z - число міносвітлення;

n_c - кількість ламп світильника, шт;

η - числозастосування світла

$$\Phi_p = 10 \cdot 1,5 \cdot 7,2 \cdot 1,1 \cdot 8 \cdot 0,26 = 1142 \text{ лм}$$

Обрали лампи VIS-15-E2сім $U_n = 220-230 \text{ В}$, $P_n = 15 \text{ Вт}$, $\Phi_l = 1500 \text{ лм}$.

Кількість світла по факту

$$E_\phi = \Phi_l \cdot N \cdot \eta / (k_z \cdot S \cdot z) \quad (6.12)$$

де Φ_l - потік лампи, лм

$$E_\phi = 1230 \cdot 8 \cdot 0,26 \cdot 1,5 \cdot 7,2 \cdot 1,1 = 21,5 \text{ лк}$$

$$E_{\phi\%} = ((E_\phi - E_{\text{мин}}) / E_{\text{мин}}) \cdot 100\% = +7,5\% \quad (6.13)$$

Здійснюємо обирання плану встановлення ламп для кімнати щитової.

Розмір до місця ламп

$$H_p = H_o - h_c - h_p \quad (6.14)$$

де H_o - розмір до стелі, м, h_c - розмір від стелі до лампи, h_p - розмір від підлоги до поверхні освітлення, м.

$$H_p = 3,5 - 0,2 - 0,5 = 2,5 \text{ м.}$$

Рекомендована розмір в ряду L_A і міжряддя L_B .

$$L_{AB} = \lambda_c \cdot H_p \quad (6.15)$$

Де λ_c - майкраще $\lambda_c = (1,2 \dots 1,6)$

$$L_{AB} = (1,2 \dots 1,6) 2,5 = (3,0 \dots 4,0) \text{ м}$$

Приймаються $L_A = 3,0 \text{ м}$ і $L_B = 4,0 \text{ м}$. Розмір від поверхні стіни ближньої лампи ряду

$$l_{AB} = (0,25 \dots 0,5) L_{AB} \quad (6.16)$$

$$l_{AB} = (0,25 \dots 0,5) 3,0 = (0,75 \dots 1,5) \text{ м}$$

$$l_B = (0,25 \dots 0,5)L_B \quad (6.17)$$

$$l_B = (0,25 \dots 0,5)4 = 1 \dots 2$$

$$l_A = 0,75 \text{ м. } l_B = 1,5 \text{ м.}$$

Кількість ламп ряду

$$N_1 = (A - 2l_A) / L_A + 1 \quad (6.18)$$

$$N_1 = (3 - 2 * 0,75) / 3 + 1 = 1,5$$

приймаємо $N_1 = 2$ лампи ряду.

Число рядів світильників

$$N_2 = (B - 2l_B) / L_B + 1 \quad (6.19)$$

$$N_2 = (3 - 2 * 1,5) / 3 + 1 = 1$$

обираємо $N_2 = 1$ ряду.

Загальна кількість ламп кімнати.

$$N = N_1 * N_2 = 2 * 1 = 2 \text{ джерела світла}$$

Реальна відстань між лампами ряду і міжряддя.

$$L_A = (A - 2l_A) / N_1 - 1 \quad (6.20)$$

$$L_A = (3 - 2 * 0,75) / 2 - 1 = 1,5$$

$$L_B = (B - 2l_B) / N_2 - 1 \quad (6.21)$$

$$L_B = (3 - 2 * 1,5) / 1 - 1 = 0$$

Отримали один ряд джерел світла.

6.5 Обрахунок потужності світло ламп

Для площі $15 \dots 25 \text{ м}^2$ рахуємо потужність світла для кімнати, висотою підвісу світильників $2 \dots 3 \text{ м}$, мінімальної нормованої освітленістю $E_{\text{мін}} = 100 \text{ лк}$.

$$P_{\text{уд}} = 37 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

$$P_P = P_{\text{уд}} * S_n * N \quad (6.22)$$

$$P_P = 37 * 92 * 1 = 166,5 \text{ Вт}$$

Треба, щоб обрана лампа відповідала

$$0,9 P_P \leq P_{\text{л}} \leq 1,2 P_P \quad (6.23)$$

Вибрали лампу LED лампа VIS-15-E2 сім $U_n = 230 \text{ В}$, $P_n = 150 \text{ Вт}$, $\Phi_{\text{л}} = 1500 \text{ лм}$.

$$0,9P_p = 138 < P_{\text{л}} = 150 < 1,2 P_p = 199$$

Згідно норм.

6.6 Обрання та визначення мережі світла

У системах освітлення здебільшого використовують групові розподільні щити, обладнані автоматичними вимикачами. У приміщеннях із стандартними умовами середовища рекомендовано ставити щитки виду ОЩВ з ВА47-29 на лініях і ВА47-29 / 7 на вводі для 6 або 12 груп. У випадку важких умов середовища доцільно встановлювати щитки ПР9000 або ОПМ із такими ж автоматами та пакетним вимикачем на 100 А на вступі. Для вибухонебезпечних середовищ використовуються щитки шифру ЩОВ. Для монтажного обслуговування в нішах підходять щитки УОЩВ (зі схожим обладнанням, як у ЩОВ), а також серії ЩО31, ЩО32, ЩО33 із автоматами ВА47-29 на вводі. Якщо установка здійснюється на вузькій підставі, застосовують щитки ЩО41 або РП-41, які також укомплектовані лінійними автоматами ВА47-29, із або без автоматичного вимикача на вводі. Щитки РП-41 призначені для керування та захисту освітлювальних систем із лампами ДРЛ.

Вибір освітлювальних щитків здійснюється з урахуванням напруги, характеристик навколишнього середовища, способу монтажу та підключення кабелів, а також кількості, типу й номінальних характеристик автоматичних вимикачів. Для встановлення в топковому відділенні передбачається монтаж групового щитка типу ЩО33, оснащеного лінійними автоматами ВА47-29 та ввідним автоматом тієї ж серії. Щиток встановлюється в спеціально обладнану будівельну нішу.

6.7 Складання специфікації (таблиці переліку елементів) на матеріали та обладнання

У специфікації пишуть список обладнання та матеріалів із записом їх типу та числа в порядку: щитки освітлення, світильники, лампи, кабельно-

провідникова продукція, вимикачі, розетки, монтажна арматура, розгалужувальні коробки та інші необхідні елементи.

Таблиця 6.2 - Результат

Список	В чьому	Кількість	Примітка
Освітлювальний щиток ЩОЗЗ	шт.	1	
Світильники: НСП21.200УЗ	шт.	10	
Лампи розжарювання	шт.	10	
VIS-15-E27	шт.	8	
VIS-15-E27	шт.	2	
Провід АПВ 2,5х25	м	65	
Автоматичні вимикачі:	шт.	2	
ВА47-29	шт.	1	
АЕ-1031-11	шт.	1	
Розетка штепсельна	шт.	1	
Коробка відгалуження У-245	шт.	4	
Ізоляційна стрічка	гр.	200	

7. ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ОБ'ЄКТУ

7.1 Вибір навантажень на вступі в окремі кімнати

Таблиця 7.1.- Розрахункові навантаження виробничих приміщень

Споживач	Рд ,кВт	Рв,кВт
1.Зернообробний комплекс	101,1	103,86
2.Зерносховище	69	84
3.Приміщення для тимчасового зберігання зерна	41	49,8
4.Млин	32	18,2
5.Прохідна	1,2	1,2
Всього	248,5	240

7.2 Визначення центру електричних навантажень та місця розташування джерела живлення

На території підприємства вже функціонує трансформаторна підстанція із резервом потужності. Враховуючи демонтаж попередньої сушарки, наявний трансформатор працює із недовантаженням. Оскільки розрахункове навантаження розрахунку споживачів всього із сучасним зернообробним обладнанням є 248,5 кВт при загальній потужності трансформатора 250 кВА, перевищення не відбувається. У зв'язку з цим придбаний зернообробний комплекс підключається до наявної трансформаторної підстанції без необхідності визначення її місця встановлення.

7.3 Створення плану мережі електропостачання

План електропостачальної мережі розроблена з урахуванням розміщення електроприймачів, забезпечення зручного монтажу та подальшої експлуатації електричних ліній..

З підстанції йдуть 2 лінії по повітряю 0,38 кВ.

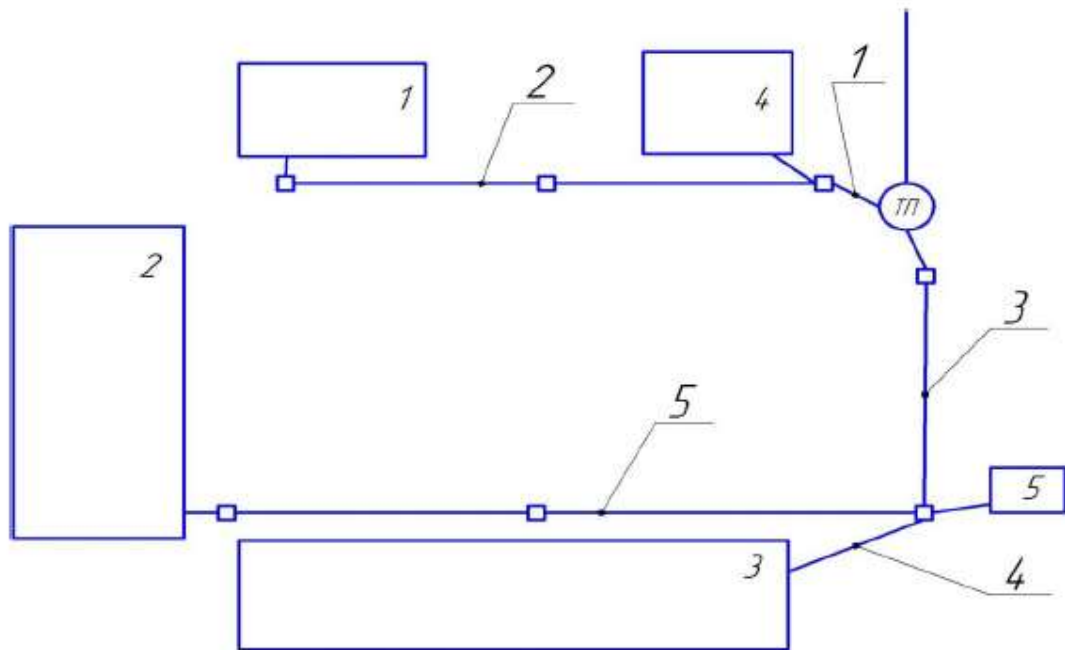


Рисунок 7.1-План електропостачання

7.4 Вибір кількості та потужності джерела живлення

Розрахунок навантажень на окремих ділянках лінії 0,38 кВ залежить від характеру навантажень. Навантаження в лініях 0,38 кВ не однорідні та несумірні, розрахунок ведемо методом надбавок.

$$P_p = P_6 + \Delta P_m \quad (7.1)$$

де P_6 -- більше з навантажень, кВт; ΔP_m -- надбавка від меншого навантаження, кВт.

Середньозважений коефіцієнт потужності на ділянках лінії з різномірними навантаженнями визначається за формулою:

$$\cos \varphi_{c3} = \frac{\sum P_i \times \cos \varphi_i}{\sum P_i} \quad (7.2)$$

Число потужностей на частинах лінії:

$$S_{pD} = P_D \cos \varphi_D; \quad (7.3)$$

$$S_{pB} = P_B \cos \varphi_B; \quad (7.4)$$

Ділянка 2: $P_{рд}=101,1$ кВт; $\cos\varphi_{\delta}=0,77$; $S_{р\delta}=101,1/0,77=131,3$ кВА
 $P_{рв}=103,86$ кілоВт; $\cos\varphi_{\delta}=0,86$; $S_{р\delta}=103,86/0,86=120,8$ кВА

Ділянка 1: (Таблиця 7.1)

$P_{рд}=101,1+7,3=108,4$ кілоВт; $\cos\varphi_{\delta}=(101,1\times 0,77+32\times 0,77)/(101,1+32)=0,78$;

$S_{р\delta}=108,4/0,78=139$ кВА, $P_{рв}=103,86+8,4=112,26$ кВт;

$\cos\varphi_{\delta}=(103,86\times 0,86+18,2\times 0,86)/(103,86+18,2)=0,87$;

$S_{р\delta}=112,26/0,87=129$ кВА

Таблиця 7.2- Розрахунок навантажень ПЛ-0,38 кВ

Номер ділянки	$P_{д}$, кВт	$P_{в}$, кВт	$\Delta P_{д}$, кВт	$\Delta P_{в}$, кВт	$\cos\varphi_{д}$	$\cos\varphi_{в}$	$S_{д}$, кВА	$S_{в}$, кВА
Л-1								
1	108,4	112,26	7,3	8,4	0,78	0,88	139	129
2	101,1	103,86	7,3	8,4	0,77	0,86	131,3	120,8
Л-2								
3	110	133,8	8,6	12	0,75	0,86	140,3	158
4	41	49,8	6,0	8,7	0,82	0,78	63,2	69,9
5	69	84	7,4	9	0,8	0,85	82	95,4

Обчислення перетинання дротів ліній у повітрі 0,38

Відповідна потужність кожної ділянки лінії:

$$S_p = k_d * S_p \quad (7.5)$$

де S_p -розрахункова потужність грузу на ділянку, кВА;

k_d – число приросту навантаження; $k_d=0,7$

Витрати напруги на ділянках:

$$\Delta U_i = \beta_i S_{pi} l_i \quad (7.6)$$

де β_i - втрата напруги віднесена на один кілометр, %кВ*кілометр;

S_{pi} - потужність за обчислення,кВА;

l_i - розмір лінії

Таблиця 7.6 - Розрахунку перетину дротів ліній 0,38 кВ.

Номер ділянки	S _{прі} , кВ	K _д	S _{екв} , кВА	L _{діль} , км	F _{осн} , мм ²	Втрати ΔU, %			F _{ек} , мм ²
						На 100м	На ділянці	Від ТП	
<i>Л-1</i>									
1	139	0,7	117	0,13	3А50+	0,048	0,67	5,8	3А50
2	131,3		102	0,15	А50	0,046	0,62	5,4	+А50
<i>Л-2</i>									
3	158	0,7	120,4	0,05	3А50+	0,119	0,7	6,2	3А50
4	69,9		48,1	0,03	А50	0,032	0,56	3,7	+А50
5	95,4		75	0,2		0,04	0,59	4,1	

7.5 Перевірка засобів захищення на злагоджену роботу і властивість комутації

Згідно ПУЕ, апарати вважаються стійкими до струмів КЗ, якщо вони здатні витримувати їх дію в реальних умовах експлуатації. Автоматичні вимикачі, оснащені електромагнітними розчіплювачами, є стійкими за умови, що їх конструкція дозволяє безпечно та своєчасне відключення струмів КЗ:

$$I_K / I_{\text{від}} \geq (1,25 \dots 1,4) \quad (7.7)$$

де I_K - струм КЗ по одній фазі, А;

$I_{\text{від}}$ - струм вмикання автомата, А.

Розрахункова схема представлена на рисунку (7.2)

Обраховуємо струми КЗ:

Струм з трьома полюсами к.з.

$$I_K^{(3)} = 100 \times S_{\text{нт}} / (U_K \times \sqrt{3} \times U_H) \quad (7.8)$$

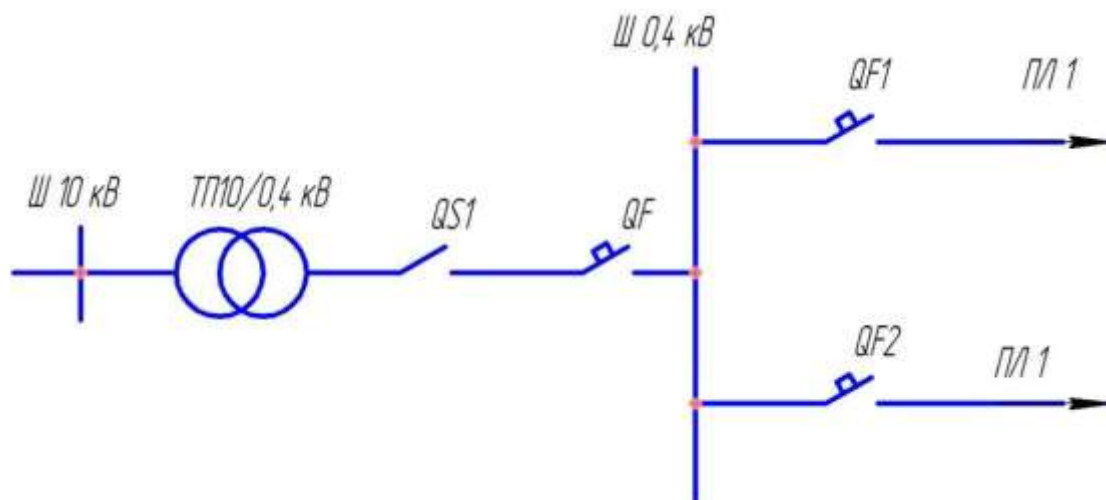


Рисунок 7.2 – План ТП 10/0,4 кВ

Струм з одним полюсом к.з.

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{230}{\frac{Z_r}{3} + Z_n} \quad (7.9)$$

де Z_m - сумарний опір трансформатора струму, Ом;

Z_n - сумарний опір петлі з фазою на ноль з к.з., Ом

$$Z_n = \sum l_i * \sqrt{(r_{офi} + r_{онi})^2 + x_{фнi}^2} \quad (7.10)$$

де $r_{офi}, r_{онi}$ -питомий активний опір, згідно фази та нулю проводу, Ом/км

$X_{фн}$ - індуктивний супротив петлі на фазу та 0 (для металу з кольором обираємо $X_{фн}=0,6$ Ом/км .

$$I_{\kappa}^{(3)} = 100 \times 250 / (4,25 \times \sqrt{3} \times 0,4) = 8,064 \text{ кА}$$

$$Z_n = 0,13 * \sqrt{(2 * 0,58)^2 + 0,6^2} + 0,15 * \sqrt{(2 * 1,14)^2 + 0,6^2} = 0,5 \text{ Ом}$$

$$I_{\kappa}^{(1)} = \frac{230}{\frac{0,7}{3} + 0,5} = 315 \text{ А}$$

$$I_{r\text{макс}} = \frac{133,1}{\sqrt{3} * 0,38} = 201,6 \text{ А}$$

Таблиця 7.7- Вибір і перевірка електричних апаратів напругою 0,38 кВ

Місце установки	Тип апарату	$I_{роб.мах}, A$	$I_K^{(3)}, kA$	$I_K^{(1)}, A$	$I_{н.а.}, A$	$I_{н.р.}, A$
Від (QF)	BA51-35	375,7	8,064	-	400	400
ПЛ1(QF1)	BA51-35	201,6	-	315	250	250
ПЛ1(QF2)	BA51-35	239,4	-	340	250	250

Чутливість засобів захищення у відповідності (7.1)

$$315 / 250 = 1,26 \geq (1,25 \dots 1,4)$$

Згідно умові обрали правильно.

7.6 Складання специфікації (таблиці переліку елементів) на матеріали та обладнання

Таблиця 7.8 - Зведення розрахунків

Найменування	Одиниці вимір.	Кількість	Примітка
Автоматичний вимикач BA51-35	шт.	1	
Автоматичний вимикач BA51-35	шт.	1	
Автоматичний вимикач BA51-35	шт.	1	

8. ОХОРОНА ПРАЦІ

Згідно нормативних документів про охорону умов роботи, директор повинен надати умови роботи в відділах та на самому місці труда до підпорядковуються вимогам та актів права, а також забезпечити виконання прав робітників у області охорони праці відповідно до законодавства.

За наступним алгоритмом надає безпечні робочі місця:

- створює відповідальні структури з відповідальними особами, що займаються проблемними темами охорони труда, узгоджують та підписують інструкції посад;

- спільно з профспілковими організаціями розробляє та впроваджує загальні міроприємства щодо забезпечення дотримання норм охорони умов роботи, застосовує новітні технології, науково-технічні досягнення, засоби автоматизації, ергономічні вимоги та позитивний досвід у сфері безпеки праці;

- проводить аналіз причин виробничого травматизму та професійної захворюваності, організовує та контролює виконання профілактичних заходів;

- організовує аудити охорони умов роботи, дослідження в лабораторіях умов труда, перевірку куточків роботи до норм, приймає заходів з знищення поканих та небезпечних факторів;

- розробляє та затверджує внутрішні положення, інструкції та інші локальні нормативні положення з охорони, що визначають правила поведження штату на території та в робочих зонах, забезпечує працівникам вільний доступ до цих документів;

- виконує перевірки за виконанням працівниками вимог технологічного процесу, правил експлуатації обладнання, використання засобів індивідуального та колективного захисту;

- організовує інформаційно-просвітницьку діяльність з безпечних методів праці.

Директор повинен організувати за рахунок підприємства медичні огляди штату, які забезпечують здійснення роботи з маленькими умовами безпеки або перебувають у шкідливих умовах труда. Медичні комісії передбачають:

- попередні — проводяться при прийнятті на роботу;
- періодичні — проводяться під час працевлаштування відповідно до чинних вимог;
- огляди в рамках професійного відбору - за необхідності для певних категорій робіт;
- щорічні обов'язкові огляди - для працівників віком до двадцять одного року.

Відділ охорони умов роботи є обов'язковою частиною організаційної структури підприємства, установи чи організації та виконує ключові виробничо-технічні функції. Його ліквідація можлива лише у разі припинення діяльності самого підприємства.

Цей підрозділ безпосередньо підпорядковується керівнику підприємства та, залежно від загальної чисельності персоналу, повинна робити як відокремлена структура або як окремий спеціаліст, у тому числі на умовах неповного робочого дня. Служба комплектується спеціалістами з вищою освітою, зі стажем трьох років досвіду професії у відповідній сфері діяльності.

Під час формування підрозділу передбачається як специфіка діяльності підприємства, так і чисельність його персоналу. Якщо на підприємстві працює 50 і більше осіб, роботодавець зобов'язаний створити відповідний орган. У разі, коли штат працівників складається менше 50 осіб, функції цієї служби можуть бути покладені на спеціаліста, який працює неповний робочий день і має відповідну кваліфікацію. Якщо чисельність працівників менше 20 осіб, допускається залучення зовнішніх спеціалістів на договірних умовах за наявності у них відповідної підготовки.

Орган охорони труда підчиняється директору. За посадовими повноваженнями та умовами оплати праці керівники та фахівці прирівнюються

до працівників провідних технічних відділів. Відповідає за невиконання умов законів у сфері охорони праці несе особисто роботодавець.

Управління та координація діяльності у сфері охорони праці здійснюється шляхом чіткого розподілу обов'язків, регламентованої взаємодії між посадовими особами, відділами та службами, що беруть участь у виконанні завдань СУОПП. Прийняття та виконання рішень у сфері охорони праці формалізується через відповідні організаційно-розпорядчі документи.

З метою забезпечення ефективного роботи СУОПП на виробництві видається наказ про розподіл функцій між органами управління по впровадженню заходів з охорони.

Таблиця 8.1-Розподіл функцій з реалізації завдань Організаційна структура системи управління охороною праці на підприємстві (СУОПП) між структурними підрозділами і службами підприємства

Завдання СУОПП	Структурні підрозділи	
	Керівні	Виконавчі
Забезпечення безпеки: - виробничих процесів	ВГТ	КП, ПК, СПЛ, ВГМетро, ВОП, ВГМ, ВГЕ
- устаткування	ВГМ	ВОП, ВТК, ПК, КП, ВГК, СПЛ
- будинків, споруд	ВКБ	КП, ВОП, ВМТП, ПК
Нормалізація гігієнічних умов	КП	ВОП, ПК, СПЛ, КП, ВОП, ПК
Забезпечення ЗІЗ і т.п.	ВМТЗ	

ВГТ – відділ головного технолога; ВГМ – відділ головного механіка; ВКБ – відділ капітального будівництва; КП – начальник підрозділу; ВМТЗ – відділ матеріально-технічного забезпечення; ВМТП – відділ матеріально-технічного постачання; ПК – профспілковий комітет; СПЛ – санітарно-промислова лабораторія; ВГМетро – відділ головного метролога; ВОП – відділ охорони праці; ВГЕ – відділ головного енергетика; ВТК – відділ технічного контролю; ВГК – відділ головного конструктора.

Керування охороною умов труда на підприємстві виконується не лише штатними посадовими особами та структурними підрозділами, а й комісією з

охорони труда, яка створюється за погодженням колективу штатів та профспілки, а також членами від окремих підрозділів.

Вимоги до електроперсоналу:

На зерновому пункті повинен бути призначений інженерно-технічний працівник з групою допуску з електробезпеки не нижче IV.

Особи, допущені до обслуговування електроустановок віком 18 років.

Такий персонал зобов'язаний проходити попередні та в певний період медичні перевірки до вимог Міністерства охорони здоров'я.

Працівники, які обслуговують електроприводні машини та обладнання, повинні мати не менше II кваліфікаційної групи з безпеки. Група підтверджується щорічно із записом у журналі перевірки знань.

Особи, які працюють з ручними електроінструментами, повинні мати I групу кваліфікації з техніки безпеки, що також фіксується у відповідному журналі.

Людина з I кваліфікаційною групою з електробезпеки повинні проходити інструктаж з техніки безпеки не рідше одного разу три місяці.

На підприємстві не зареєстровано нещасних випадків та смертельних випадків.

Для зменшення вібрацій у виробничих кімнатах виконуються точні розрахунки та проектування фундаментів для обладнання та машин. З метою зменшення шумового забруднення розпочато впровадження шумоглушників, які не тільки знижують рівень шуму, але й зменшують викиди шкідливих речовин у вихлопних газах. Впровадження цього заходу сприяє зниженню шуму, покращенню екологічної ситуації та зниженню захворюваності працівників.

Будівлі, що піднімаються над поверхнею землі, можливо зазнавати прямих лінійних ударів блискавки, що можуть спричинити серйозні пошкодження, пожежі, вибухи та травми людей. Для захисту таких конструкцій використовуються системи блискавкозахисту, що перехоплюють розряди блискавок та створюють зону, безпечну від пошкоджень.

Будівля зерноочисної станції належить до споруд третього групи вогнестійкості.

Виходячи з вимог вогнестійкості зерноочисна станція обладнується блискавкозахистом третьої категорії, захисної зони Б з надійністю 95% і вище.

9. ЕКОЛОГІЯ

Кожне підприємство, що займається виробництвом будь-якого продукту, має забезпечувати безпеку навколишнього середовища. У процесі переробки зернових культур утворюються гази, що містять пил та токсичні гази з неприємним запахом. Запиленість відхідних газів при переробці зернових культур може сягати від 2 до 3 г/м³.

Присутність запахів в повітряних викидах підприємств надають подразнювальний вплив на людину при тривалому впливі і викликають скарги населення.

Джерелами забруднення навколишнього середовища на нашому підприємстві є наступні:

1. Насоси та двигуни, які поглинають кисень і виділяють вуглекислий газ, шкідливі токсичні речовини і пил в атмосферне повітря. До складу викидів в атмосферу від елеваторів входять: сірководень (5мг/м³), діоксид сірки, окису азоту, аміак, складні ефіри (125 ... 325 мг/м³).

2. Шуми і вібрації впливають на працівників підприємства, підвищуючи їх утомленню і знижуючи їх працездатність.

10. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

Щодо оцінки ефективності використання нового обладнання та технологій на зерновому пункті, то економічний ефект визначаємо:

$$E_p = \Delta\Pi - Z \quad (10.1)$$

де $\Delta\Pi$ – приріст прибутку, грн.;

Z – витрати від удосконалення, грн.

$$\Delta\Pi = (\Pi_2 - C_2)A_2 - (\Pi_1 - C_1)A_1 \quad (10.2)$$

$$Z = I_2 + E_H \Delta K \quad (10.3)$$

де Π_1 ; Π_2 – ціна продажу оптом без податків з обороту до і після удосконалення зерностанції, грн/ц;

C_1 ; C_2 – собівартість продукції, грн./ц;

A_1 ; A_2 – об'єм за рік виготовлення продукції, т;

I_2 – додаткові закупівлі на експлуатацію після удосконалення зерностанції, грн.;

E_H – коефіцієнт норм ефективності вкладень капіталу, $E_H = 0,15$;

ΔK – додаткові кошти на удосконалення, грн.

$$I_2 = (A + I_{o.p.}) \cdot \Delta K + \Delta I_E \quad (10.4)$$

де A – амортизаційні, $A = 14,3\%$;

$I_{o.p.}$ – витрати від експлуатації, обслуговування нового обладнання., $I_{o.p.} = 5,5\%$;

ΔI_E – витрати додатком на експлуатацію на електроенергію, грн.

$$\Delta I_E = (P_{p2} - P_{p1}) \cdot \Pi_e \cdot T_r \cdot K_o \cdot K_3 \cdot K_{cm} \quad (10.5)$$

де P_{p1} ; P_{p2} – потужності обчислення за варіантами, кВт;

Π_e – коштовність енергії, грн.;

T_r – години- роботи електроустаткування за 365 днів, год. По дві зміни завантаження $T_r = 1440$ год.;

K_o – коефіцієнт миттєвості, $K_o = 0,9$;

K_3 – число завантаження устаткування, $K_3 = 0,7$;

$K_{ст}$ – коефіцієнт, на втрати електроенергетики, $K_{ст} = 1,05$.

Для розрахунку економічного обґрунтування вихідні дані.

- Валова продукція ЗСК-30 – 10000 т.

- Цикл роботи – 1440 годин.

- Активна потужність на вводі зерностанції до і після удосконалення --

P_p 135 кВт . $P_p = 135,75$ кВт

- Коштовність зерна III класу – 730 грн./т, II класу – 800 грн./т.

- Додаткові вкладення в капітал при удосконаленні зерностанції $\Delta K =$

50 тис. грн.

Витрати електрики:

$$E_e = P_{об} \cdot K_2 \cdot K_3 \quad (10.6)$$

де $P_{об}$ – потужність устаткування кВт;

K_2 – число-години доби роботи, год.;

K_3 – число-днів року роботи, 1/рік.

По версіям:

– витрати енергії для основної версії, кВт·год/рік

$$E_6 = 135 \cdot 1690 = 194400 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} ;$$

– витрати енергії для поліпшеної версії, кВт·год./рік

$$E_n = 135,75 \cdot 1690 = 195480 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} .$$

Витрати електрики в грошах

$$Г_{ЕГ1} = E_6 \cdot 0,67 = 194400 \cdot 0,67 = 130,248 \text{ тис. грн} / \text{рік} ;$$

$$Г_{ЕГ2} = E_n \cdot 0,67 = 195480 \cdot 0,67 = 130,972 \text{ тис. грн} / \text{рік} .$$

Собівартість продукції без поліпшення

$$B_6 = V \cdot Ц_1 \quad (10.7)$$

де V – об'єм продукту, т;

$Ц_1$ – коштовність зерна III групи, грн.

$$B_6 = 5000 \cdot 730 = 3650 \text{ тис грн}$$

Ціна зерна без поліпшення:

$$V_{\text{п}} = 5000 * 800 = 4000 \text{ тис грн}$$

Прибуток від продаж (10.2)

$$\Delta\Pi = (800 - 750) \cdot 5000 - (730 - 700) \cdot 5000 = 100 \text{ тис. грн.}$$

Витрати на електроенергію додатково на очищення

$$\Delta И_{\epsilon} = 130,972 - 130,248 = 0,724 \text{ тис. грн}$$

Загальні витрати під час експлуатації зерностанції (10.4)

$$И_2 = (0,143 + 0,055) \cdot 50 + 0,724 = 10,62 \text{ тис. грн}$$

Суцільні витрати на покращення зерностанції (10.3)

$$З = 10,62 + 0,15 \cdot 50 = 18,12 \text{ тис. грн.}$$

Очікуваний економічний приріст за рік по зерностанції (10.1)

$$E_p = 100 - 18,12 = 81,88 \text{ тис. грн.}$$

Період окупності складень в капітал

$$T_{\text{ок}} = \Delta K / E_p \quad (9.8)$$

$$T_{\text{ок}} = 50 / 81,88 = 0,6 \text{ року}$$

Таблиця 10.1 – Техніко – економічні показники удосконалення зернопункту.

Показники	Варіант	
	Базовий	Проектний
1. Валова продукція, т	5000	5000
2. Клас якості зерна	3	2
3. Встановлена потужність, кВт	135	135,75
4. Спожита електроенергія, тис. кВт·год./рік	194,4	195,48
5. Грошові витрати на електроенергію, тис.грн./рік	130,248	130,972
6. Вартість реалізованої продукції, тис. грн.	3650	4000
7. Прибуток від реалізації зерна, тис. грн.	-	100
8. Додаткові капвкладення, тис. грн.	-	50
9. Річний економічний ефект по зернопункту, тис. грн.	-	81,88
10. Термін окупності додаткових капвкладень, років	-	0,6

ВИСНОВКИ

У рамках кваліфікаційного проєкту була виконана комплексна реконструкція системи електрифікації зернопункту ПСП «Слобожанщина Агро» в смт Ульянівка, Сумського району, Сумської області.

На першому етапі проведено детальний аналіз господарської діяльності підприємства та стану його електропостачання. Встановлено, що існуюча система електропостачання застаріла, мала значні енергетичні втрати, нерівномірне навантаження і не забезпечувала необхідного рівня надійності та енергоефективності. Відсутність резервного живлення створювала ризики аварійних зупинок виробничих процесів.

З метою підвищення ефективності виробництва та надійності електропостачання було спроектовано оновлення електрифікації, що включало:

- розрахунок електричних навантажень зернопункту;
- вибір і обґрунтування застосування нового силового електрообладнання;
- модернізацію трансформаторних підстанцій із впровадженням енергоефективних трансформаторів;
- розробку проєкту внутрішніх цехових електричних мереж із заміною застарілих кабельних ліній;
- розрахунок та впровадження нової системи електричного освітлення на основі енергоощадних технологій.

Особливу увагу приділено автоматизації технологічних процесів сушіння та зберігання зерна. Розроблено автоматизовану систему керування на базі програмованих логічних контролерів (PLC), що забезпечує моніторинг і контроль параметрів температури, вологості та рівня зерна у режимі реального часу. Автоматизація дозволила зменшити витрати

електроенергії та тепла, підвищити якість обробки і зберігання зерна, а також мінімізувати вплив людського фактора.

Крім того, було виконано:

- проектування резервного джерела електроживлення для забезпечення безперервності виробничих процесів у разі аварійних відключень;
- розрахунок заходів із компенсації реактивної потужності для підвищення енергоефективності електропостачання;
- розробку заходів із забезпечення електробезпеки, включаючи системи заземлення і блискавкозахисту;
- оцінку техніко-економічної ефективності запропонованих рішень.

У результаті реалізації проекту очікується:

- зниження експлуатаційних витрат на електроенергію та обслуговування електрообладнання;
- підвищення надійності та стабільності електропостачання;
- скорочення ризику аварійних зупинок виробництва;
- підвищення якості зберігання зерна за рахунок впровадження автоматизованих систем керування.

Таким чином, розроблені технічні рішення сприяють модернізації підприємства, підвищенню його енергетичної незалежності, конкурентоспроможності та сталому розвитку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сіренко В.Ф., Савойський О.Ю., Лисенко В.В. Основи проєктування енергетичних об'єктів АПК. – Суми: СНАУ, 2022. – 60 с.
2. Федючка М.І., Коткова Т.М. та ін. Екологічна експертиза: навч. посібник. – Херсон: Олді-плюс, 2020. – 144 с.
3. Національний стандарт України ДСТУ 9001:2022. Системи управління якістю. Вимоги.
4. IEC 60038:2021. Standard voltages. – International Electrotechnical Commission.
5. IEEE Std 399-2020. IEEE Recommended Practice for Industrial and Commercial Power Systems Analysis.
6. Мартиненко І.І., Лисенко В.П. та ін. Проєктування систем електрифікації та автоматизації АПК. – Київ: НМЦ МіНАПК, 2021. – 330 с.
7. Закон України «Про енергетичну ефективність» № 1817-IX від 21.10.2021.
8. Постанова КМУ № 1026 від 13.12.2017 р. (у редакції 2023 р.) – Про затвердження порядку оцінки впливу на довкілля.
9. ISO 50001:2018. Energy management systems – Requirements with guidance for use.
10. EN 50160:2021. Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems.
11. Семенов М.Ю., Білокінь П.І. Системи енергопостачання підприємств: сучасні рішення. – Харків: НТУ «ХП», 2023. – 212 с.
12. Сидоренко Р.І., Квітка С.О. Основи електропостачання. – Київ: Вища школа, 2021. – 320 с.
13. European Commission. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Large Combustion Plants. – Luxembourg: Publications Office of the EU, 2021.

14. Енергетична стратегія України до 2050 року. – Мінекоенерго України, 2021.
15. Управління електроенергетичними системами: підручник / За ред. Л. М. Мельника. – Суми: СНАУ, 2022. – 284 с.
16. IEA. Electricity Market Report 2024. – Paris: International Energy Agency, 2024.
17. Електричні мережі: навчальний посібник / Сидорчук С.В. – Львів: ЛНУ, 2023. – 176 с.
18. World Bank. Power Sector Resilience in Developing Countries: 2022 Report.
19. Пасічник О.В., Горбач В.М. Охорона праці в енергетиці. – Тернопіль: ТНТУ, 2023. – 138 с.
20. IEC 60364-5-52:2022. Electrical installations of buildings – Selection and erection of electrical equipment.
21. Ткаченко П.І., Мельник Ю.А. Монтаж повітряних ліній з СПП. – Київ: Ліра-К, 2021. – 96 с.
22. United Nations Environment Programme (UNEP). Global Environment Outlook 6 (GEO-6): Summary for Policymakers. – Nairobi, 2021.
23. Чепіжний А.В., Шашков С.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційного проекту, ступеня вищої освіти «Бакалавр» для здобувачів вищої освіти 4 та 2 с. т. курсів інженерно-технологічного факультету спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», денної та заочної форм навчання. – Суми: Сумський НАУ, 2024. – 33 с.
24. 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.