

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА БУЧАЦЬКИЙ МАЛЬТОЗНИЙ ЗАВОД»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕМ-23м з/в
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

Гулько В.О.

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ

Шулє Ю. А.

«16» жовтня 2024 р.

Опонент: к.т.н., доц. каф. ЕСЕ

Виневський С.Я.

«16» жовтня 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н. професор Бурбело М.Й.

«16» жовтня 2024 р.

Вінницький національний технічний університет

Факультет електроенергетики та електромеханіки

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Галузь знань 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., професор

М. Й. Бурбело

16

2024 року

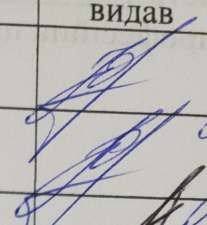
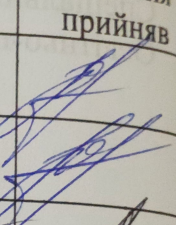
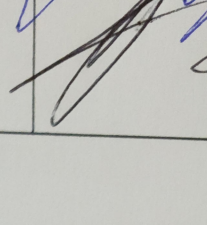
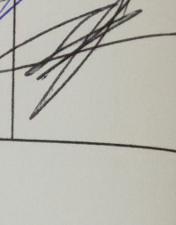
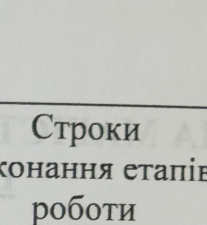
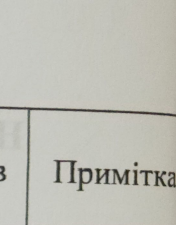
ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ ГУЛЬКУ ВІТАЛІЮ ОЛЕКСАНДРОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: підвищення енергоефективності системи електропостачання державного підприємства бучацький мальтозний завод» керівник роботи к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ Шулле Юлія Анріївна затверджені наказом ВНТУ від «17» вересня 2024 р., № 310
2. Термін подання студентом роботи «10» грудня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи: генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення (Додаток Б).
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Загальні відомості про підприємство. 2. Створення систем енергоменджменту для контролю параметрів енергоефективності та математичний аналіз електроспоживання. 3. Компенсація споживаної електроенергії шляхом встановлення відновлювальних джерел енергії. 4. Економічна частина. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Генплан підприємства. Однолінійна схема електропостачання підприємства. Техніко-економічні характеристики СЕП. Матеріали роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ		
Економічна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Войтюк Ю. П., доц., каф. ЕСЕЕМ, к.т.н.		

7. Дата видачі завдання «11» березня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строки виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство	20.03.2024	Виконано
2	Системи енергоменджменту для контролю параметрів енергоефективності та математичний аналіз електроспоживання	01.04.2024	Виконано
3	Компенсація споживаної електроенергії шляхом встановлення відновлювальних джерел енергії	05.05.2024	Виконано
4	Економічна частина	10.05.2024	Виконано
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	20.05.2024	Виконано
6	Графічна частина	05.06.2024	Виконано

Студент

(підпис)

Гулько В.О.

Керівник роботи

(підпис)

Шулле Ю.А.

Нормоконтроль

(підпис)

Войтюк Ю.П.

УДК 621.311

АНОТАЦІЯ

Гулько Віталій Олександрович. Підвищення енергоефективності системи електропостачання державного підприємства «Бучацький мальтозний завод». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Вінниця: ВНТУ, 2025.

На укр. мові. бібліогр.: 36 назв; рис.: 35; табл.: 33.

В магістерській кваліфікаційній роботі розв'язано питання енергоефективності державного підприємства «Бучацький мальтозний завод».

В роботі виконано розрахунок параметрів контролю енергоефективності промислового підприємства. Прораховано встановлення сонячної електростанції (СЕС) на при заводській території для компенсації споживання обраного цеху. Визначено ключові економічні показники системи електропостачання та розроблено заходи з охорони праці й забезпечення безпеки в умовах надзвичайних ситуацій.

Ключові слова: електропостачання, енергоефективність, СЕС, економія, окупність.

ABSTRACT

Hulko Vitalii Oleksandrovykh. Improving the Energy Efficiency of the Power Supply System of the State Enterprise "Buchach Malt Plant". Master's Qualification Thesis in the Specialty 141 – Electrical Power Engineering, Electrical Engineering, and Electromechanics. Vinnytsia: VNTU, 2025.

In Ukrainian. Bibliography: 36 references; Figures: 35; Tables: 33.

The master's qualification thesis addresses the issue of energy efficiency at the State Enterprise "Buchach Malt Plant."

The study includes calculations of energy efficiency control parameters for the industrial enterprise. The installation of a solar power plant (SPP) on the plant's territory is analyzed to compensate for the energy consumption of a selected workshop. Key economic indicators of the power supply system are determined, and measures for occupational safety and emergency safety are developed.

Keywords: power supply, energy efficiency, SPP, savings, payback period.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	9
1.1 Характеристика «ДП Бучацький мальтозний завод»	9
1.2 Особливості технологічного процесу спиртового заводу	11
1.3 Відомості про електричне навантаження та джерело живлення підприємства	15
1.4 Аналіз електроспоживання підприємства	16
1.5 Складання та аналіз ПЕБ підприємства	22
1.6 Висновок до розділу 1	24
2 СТВОРЕННЯ СИСТЕМ ЕНЕРГОМЕНДЖМЕНТУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА МАТЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ	25
2.1 Положення про структурний відділ з енергоменеджменту	25
2.2 Формування центрів обліку енергії на підприємстві	28
2.3 Посадова інструкція головного енергоменеджера відділу енергоменеджменту підприємства	30
2.4 Оцінка параметрів досліджуваних факторів промислового підприємства та перевірка вибірки на відповідність нормальному розподілу	32
2.5 Розробка прогнозів споживання паливно-енергетичних ресурсів на заводі	36
2.6 Побудова регресійної моделі споживання електричної енергії на підприємстві	39
2.7 Висновок до розділу 2	47
3 КОМПЕНСАЦІЯ СПОЖИВАНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ШЛЯХОМ ВСТАНОВЛЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	48
3.1 Види відновлювальних джерел енергії (ВДЕ): характеристика та принцип дії	48
3.2 Вибір оптимального обладнання для підприємства	50

3.3 Проектування схем розміщення та електричних підключень сонячної електростанції	57
3.4 Математична модель розрахунку окупності сонячної електростанції	64
3.5 Висновки до розділу 3	67
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	68
4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи	68
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	69
4.3 Розрахунок поточних витрат	72
4.4 Розрахунок собівартості електроенергії	76
4.5 Висновки до розділу 4	81
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	82
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	83
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	87
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електропостачання спиртового заводу в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій	93
5.3 Розробка превентивних заходів по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання спиртзаводу в умовах надзвичайних ситуацій	98
5.4 Висновки до розділу 5	101
ВИСНОВКИ	103
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	105
ДОДАТКИ	109
Додаток А – Технічне завдання	110
Додаток Б – Вихідні дані	113
Додаток В – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	115
Додаток Г – Однолінійна схема електропостачання елеватора	116
Додаток Д – Матеріали роботи	117

ВСТУП

Актуальність роботи: Сучасні тенденції розвитку промисловості висувають високі вимоги до енергоефективності підприємств, оскільки зростання вартості енергоресурсів і необхідність зменшення їх впливу на навколишнє середовище стають визначальними чинниками для сталого розвитку. У даних умовах питання оптимізації енергоспоживання є стратегічно важливим для забезпечення конкурентоспроможності підприємств і зниження виробничих витрат. Впровадження сонячних електростанцій (СЕС) на території промислових підприємств дозволяє суттєво скоротити споживання традиційних енергоносіїв, підвищити енергонезалежність та сприяти переходу до екологічно чистих джерел енергії. Проведення детальних розрахунків параметрів контролю енергоефективності та оцінка економічних показників є необхідною складовою для прийняття обґрунтованих управлінських рішень.

Мета роботи: підвищення енергоефективності Державного підприємства «Бучацький мальтозний завод».

Основні задачі: Оптимальний розрахунок параметрів контролю енергоефективності промислового підприємства, а також заходів із енергозбереження, економії електроенергії та охорони праці.

Об'єкт роботи: процес електроспоживання Державного підприємства «Бучацький мальтозний завод».

Предмет роботи: Підходи та інструменти, застосовані для ефективного проектування та аналізу системи електропостачання Державного підприємства «Бучацький мальтозний завод».

Методи магістерської кваліфікаційної роботи: У роботі застосовано комплекс загальнонаукових методів, зокрема статистичний аналіз, оптимізаційні підходи, побудову регресійних моделей, визначення довірчих інтервалів та методи контролю параметрів виробничих процесів.

Наукова новизна магістерської кваліфікаційної роботи полягає в удосконаленні системи електропостачання підприємства шляхом впровадження

сучасних методів аналізу та використання новітнього електротехнічного обладнання. Завдяки цьому модернізована система відповідає високим стандартам надійності у рамках технологічного процесу, та враховує зниження витрат на споживану електроенергію.

Практичною цінністю магістерської кваліфікаційної роботи є розробка рішень для забезпечення стабільного та економічно вигідного електропостачання, що підвищує енергоефективність підприємства, скорочує витрати на енергоресурси та забезпечує відповідність нормативним вимогам щодо безпеки й електробезпеки. Запропоноване вдосконалення системи електропостачання створює перспективи для подальшої модернізації та розширення потужностей підприємства.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

1.1 Характеристика «ДП Бучацький мальтозний завод»

Бучацький мальтозний завод

Тип: Державне підприємство (на стадії приватизації).

Розташування: м. Бучач, Тернопільська обл.

Галузь: Спиртововиготівельна промисловість

Продукція: Етиловий спирт, концентровані соки, мальтоза.

Бучацький мальтозний завод — підприємство харчової промисловості, яке відіграє важливу роль у регіональній економіці. Його реконструкцію було проведено в рамках восьмого п'ятирічного плану розвитку народного господарства СРСР у 1969–1970 роках, що призвело до модернізації спиртзаводу. У результаті завод перетворився на Бучацький спирто-дріжджовий комбінат із механізованими та автоматизованими виробничими процесами. Обсяги виробництва спирту було збільшено до 3 тисяч декалітрів на добу, а виробництво рідких кормових дріжджів досягало 200 тонн на добу.

У 1985 році, у зв'язку з антиалкогольною кампанією СРСР, підприємство скоротило обсяги виробництва спирту й перепрофілювало частину потужностей на виробництво концентрованих соків та мальтози. З того часу завод отримав свою сучасну назву.

Протягом радянського періоду завод залишався одним із найбільших підприємств Бучача. Його діяльність зосереджувалася на виробництві спирту-ректифіката, а також соків і спиртних напоїв.

На даний момент підприємство знаходиться на етапі перетворення з державної у приватну форму власності. Завод продовжує свою діяльність, зосереджуючись на виробництві спирту-ректифіката, із перспективами розширення та модернізації виробничих потужностей.

На рис. 1.1 подано генплан заводу, а в табл. 1.1 данні про електричне навантаження підприємства.

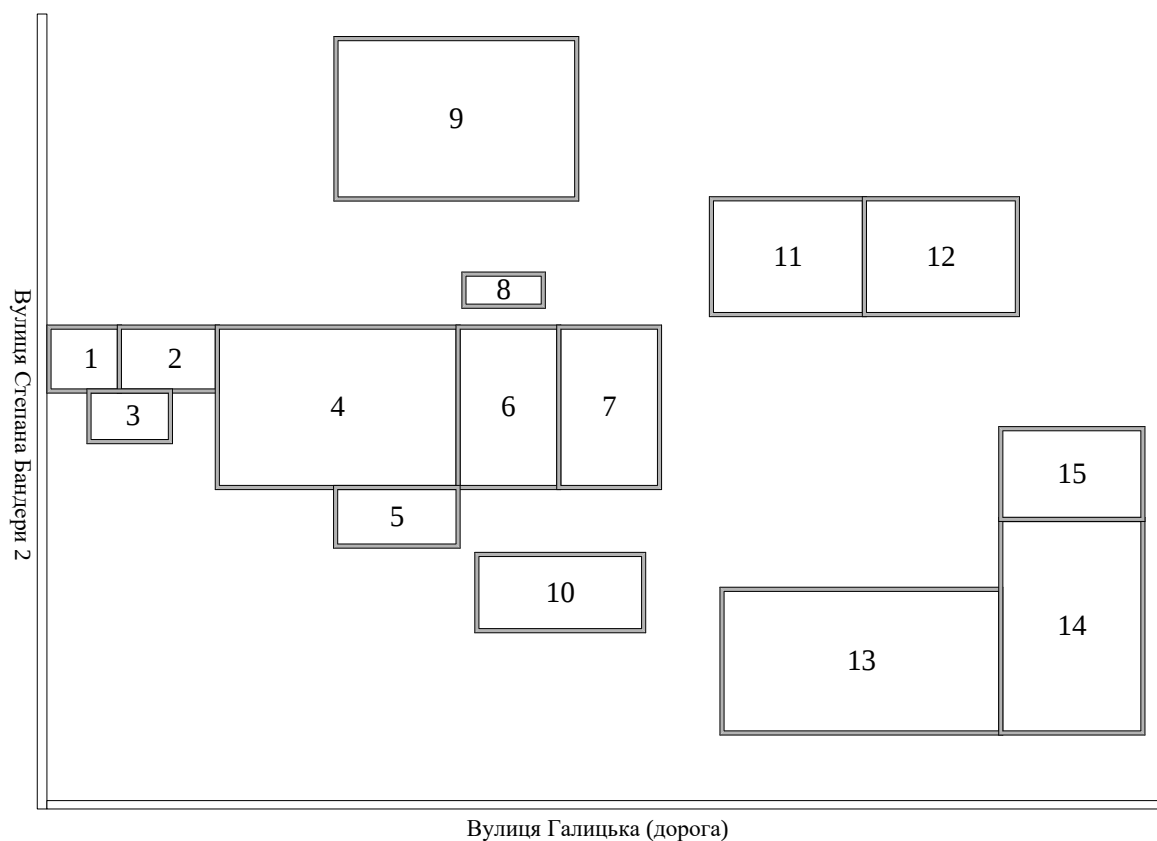


Рисунок 1.1 – Генеральний план спиртового заводу

Таблиця 1.1 – Склад цехів підприємства, кількість змін та потужність їх ЕП

Назва технологічного приміщення	Кількість робочих змін	Навантаження відповідного цеху, кВт
1. Прохідна	3	10
2. Брагоректифікаційний цех		240
3. Склад ФГЕ спирту		40
4. Бродильний цех		250
5. Вагове приміщення		15
6. Варочний цех		180
7. Котельня		400
8. Норія		70
9. Склад готової продукції		40
10. Трансформаторна підстанція		400
11. Насосна станція		700
12. Електро-ремонтний цех		400
13. Адміністративні приміщення		15
14. Транспортні приміщення (гаражі)		40
15. Токарний цех		110

1.2 Особливості технологічного процесу спиртового заводу

На спиртових заводах виробництво спирту — це складний багатоступеневий процес, який включає переробку різних видів сировини, таких як зерно, картопля чи цукрові буряки. Кожен етап технологічного циклу виконується з дотриманням суворих стандартів і передбачає використання сучасного обладнання та технологій для забезпечення високої якості кінцевого продукту.

1. Переробка сировини

На першому етапі сировина піддається первинній обробці, що включає підготовку до наступних процесів. Для зерна це може бути очищення, подрібнення або помел, що дозволяє отримати доступ до крохмалю, який міститься у клітинах зерна. У випадку використання картоплі сировину миють, подрібнюють і термічно обробляють для розщеплення клітинної структури. Для цукрових буряків проводиться екстракція цукрів із застосуванням процесу дифузії. Цей етап має ключове значення, оскільки якісно підготовлена сировина забезпечує максимальну ефективність наступних стадій виробництва.

2. Гідроліз

Сировина, що містить складні вуглеводи, такі як крохмаль, проходить процес гідролізу. Крохмальні речовини розщеплюються за допомогою ферментів (амілаз) або кислот на прості цукри, переважно глюкозу. Процес може включати нагрівання до певної температури, щоб активувати ферменти та забезпечити розпад полісахаридів. Гідроліз відіграє важливу роль, оскільки від його якості залежить кількість доступних для бродіння цукрів.

3. Бродіння

Цей етап полягає в перетворенні простих цукрів на спирт і вуглекислий газ завдяки діяльності дріжджів. У спеціальних резервуарах створюються оптимальні умови для бродіння: контроль температури, рівня кисню і кислотності середовища. Дріжджі, взаємодіючи із цукрами, розщеплюють їх

до етанолу і CO_2 . Цей процес триває від кількох годин до кількох діб залежно від виду сировини та технологічних вимог. Після завершення бродіння отримують так званий бродильний напій, який містить низьку концентрацію спирту. На рисунку 1.2 – зображено бражна колону підприємства



Рис. 1.2 – Бражна колона

4. Дистиляція

Після бродіння спиртовмісну рідину піддають процесу дистиляції для виділення етанолу. Дистиляція базується на різній температурі кипіння спирту й води. Бродильний напій нагрівають у спеціальних дистиляційних апаратах. Спирт випаровується раніше, ніж вода, і конденсується в окремому резервуарі. Цей процес дозволяє отримати спирт-сирець із концентрацією 40–50%.

5. Очищення

Отриманий спирт-сирець містить домішки, які потрібно видалити для поліпшення якості продукції. Для очищення використовуються різні методи, такі як фільтрація, термічна обробка або застосування спеціальних хімічних

реагентів. На цьому етапі видаляються летючі домішки, ефіри, метанол та інші небажані компоненти. На рисунку 1.3 – зображено епюраційну колону.



Рис. 1.3 – Епюраційна колона

6. Ректифікація

Для отримання високоякісного спирту проводять ректифікацію — повторну дистиляцію. У ректифікаційних колонах спирт додатково розділяють на фракції, відокремлюючи його від домішок із вищою точністю. Ректифікація забезпечує отримання спирту високої концентрації (до 96%) із мінімальним вмістом сторонніх речовин. Цей процес є важливим для виробництва спирту-ректифіката, який використовується у харчовій промисловості, медицині та інших галузях.

Отриманий спирт-ректифікат використовується не лише для виробництва алкогольних напоїв, але й для інших потреб, таких як виробництво концентрованих соків і мальтози, що свідчить про універсальність технологій заводу. На рисунку 1.4 – зображено ректифікаційну колону.



Рис 1.4 Ректифікаційна колона

7. Обробка та зберігання

На останньому етапі отриманий спирт проходить завершальну обробку: Залежно від вимог замовника, спирт можуть фільтрувати, змішувати або додатково обробляти для досягнення заданих характеристик. Потім готовий продукт заливають у спеціальні ємності — бочки чи цистерни, які забезпечують його збереження під час транспортування або тривалого зберігання. Особливості технологічного процесу на Бучацькому мальтозному заводі На Бучацькому мальтозному заводі технологічний процес виробництва спирту адаптовано для роботи з різними видами сировини. Завдяки модернізації обладнання й впровадженню сучасних технологій забезпечується висока енергоефективність та екологічність виробництва. Процес відповідає стандартам якості й безпеки, а також враховує економічні та технологічні вимоги сучасного ринку.

1.3 Відомості про електричне навантаження та джерело живлення підприємства

Система електропостачання включає лінії електропередач, які можуть бути виконані у вигляді повітряних або кабельних мереж, а також дві підстанції, оснащені трансформаторами потужністю 630 кВА кожна. У цій системі відсутні засоби компенсації реактивної потужності, а також системи, що використовують альтернативні джерела енергії, які могли б сприяти зниженню споживання активної електроенергії.

Згідно з технічними умовами, проєктована схема електропостачання підприємства повинна відповідати вимогам надійності II категорії.

Відомості про електричні навантаження: Споживачами електроенергії ДП «Бучацький мальтозний завод» є 15 об'єктів, до складу яких входять виробничі та адміністративні приміщення. Схематичний план розташування споруд підприємства подано на рис. 1.1, а дані щодо встановлених потужностей споживачів наведено в табл. 1.1.

Режим роботи підприємства: Завод працює цілодобово у три зміни: перша зміна: з 6:00 до 14:00, друга зміна: з 14:00 до 23:00, третя зміна: з 23:00 до 6:00.

Перерви у роботі припадають на такі години: з 12:00 до 13:00, з 21:00 до 22:00, з 4:00 до 5:00. Загальна кількість робочих днів у році становить 252.

Фінансовий стан підприємства: На підприємстві відсутня заборгованість із заробітної плати та платежів за енергоносії. ДП «Бучацький мальтозний завод» активно працює над розширенням ринків збуту своєї продукції. Середня чисельність працівників підприємства – 283 особи.

Асортимент і масштаби виробництва. Дані щодо обсягів випуску основної продукції подано в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Обсяги виробництва продукції

Найменування продукції	Вартість, кількість	Обсяги виробництва	
		2021 р.	2022 р.

Продовження таблиці 1.1

Спирт етиловий з харчової сировини	млн. грн.	5,62	201,06
	тонн	60	3350
Патока крохмальна	млн. грн.	1,37	54,8
	тонн	1245	49800

1.4 Аналіз електроспоживання підприємства

Генеральний план підприємства представлено на рис. 1.1, а табл. 1.1 містить інформацію про електричні навантаження.

Електропостачання підприємства здійснюється через кабельну лінію електропередач протяжністю 104 м від районної підстанції 110/10 кВ з напругою 10 кВ. В розділі 1.2 описано основні електроприймачі об'єктів електроспоживання.

Аналіз даних з вимірювальних приладів у період найбільшого завантаження змін показав, що максимальні середні півгодинні значення активної та реактивної потужностей становлять: $P_{\text{макс.}} = 385$ кВт, $Q_{\text{макс.}} = 336$ кВАр. відповідно. Таблиця 1.3 містить інформацію про обсяги виробленої продукції та споживання електроенергії.

Таблиця 1.3 – Інформація про вироблену продукцію та спожиту електроенергію

Липень		
Число	Об'єм спирта та патоки, т	Ел. енергія, кВт*год
1	150,85	40016,77
2	146,26	39161,31
3	174,13	40463,46
4	151,18	40037,84
5	137,4	41095,57
6	113,46	41247,28
7	205,61	41571,76

Продовження таблиці 1.3

8	159,7	42937,12
9	150,85	41158,78
10	188,23	42153,30
11	157,08	44483,68
12	119,37	42625,28
13	152,16	41546,48
14	150,85	39873,49
15	162,65	39974,63
16	138,71	44458,39
17	132,48	39431,01
18	122,65	39009,61
19	152,49	41934,17
20	147,24	40610,95
21	140,35	39911,42
22	150,85	42317,65
23	142,65	42941,33
24	152,16	41521,19
25	125,6	43872,64
26	153,47	39540,58
27	130,52	44256,12
28	170,52	41150,35
29	169,54	40754,23
30	140,35	41335,77
31	150,19	41297,85
Разом	4639,55	1282690

Бучацький мальтозний завод здійснює оплату за водопостачання за тарифом 13,5 грн/м³, а за водовідведення — 9,8 грн/м³. Тариф на активну електроенергію становить близько 11,80 грн/кВт·год, а на реактивну електроенергію — 1,48 грн/кВАр·год. Таблиця 1.4 відображає загальні показники споживання енергоносіїв і їхню вартість.

Таблиця 1.4 Загальні показники споживання енергоносіїв і їх вартість

Енергоносій	Річне споживання	Річні витрати
Електроенергія Активна	14 694 024,00 кВт·год.	173 389 483,20 грн.
Електроенергія Реактивна	13 037 508,00 кВАр·год.	19 295 511,84 грн.
Газ природний	288 000,00 м ³	3 778 650,00 грн.

Таблиця 1.5 – Інформація про щомісячні обсяги споживання електроенергії та природного газу підприємством

Місяць	Споживання активної електроенергії, кВт·год.	Споживання реактивної електроенергії, квар·год.	Споживання газу, м³
Січень	1 149 327,00	1 140 230,00	24 187,00
Лютий	1 301 205,00	1 237 150,00	16 245,00
Березень	1 180 418,00	1 295 800,00	28 345,00
Квітень	1 249 864,00	1 180 090,00	25 982,00
Травень	1 322 115,00	1 350 105,00	18 504,00
Червень	1 178 211,00	1 215 701,00	30 120,00
Липень	1 282 690,00	1 270 811,00	25 863,00
Серпень	1 209 973,00	1 200 830,00	22 654,00
Вересень	1 232 256,00	1 222 503,00	28 001,00
Жовтень	1 089 699,00	1 090 290,00	15 208,00
Листопад	1 259 084,00	1 259 784,00	20 970,00
Грудень	1 181 086,00	1 104 924,00	37 000,00
Разом	14 694 024,00	13 037 508,00	288 000,00

Таблиця 1.6 – Річний обсяг і середні потужності споживання активної та реактивної електроенергії цехами підприємства

Назва цеху	Силове навантаження		Річне навантаження, кВт · год	
	P _c ,кВт	Q _c ,квар	W _a , кВт · год	W _p , кВАр · год
Прохідна	8,42	7,47	50 494,93	44 802,43
Брагоректифікаційний цех	201,98	179,21	1 211 878,27	1 075 258,39
Склад ФГЕ спирту	33,66	29,87	201 979,71	179 209,73
Бродильний цех	210,40	186,68	1 262 373,20	1 120 060,82
Вагове приміщення	12,62	11,20	75 742,39	67 203,65
Варочний цех	151,48	134,41	908 908,70	806 443,79
Котельня	336,63	298,68	2 019 797,11	1 792 097,32
Норія	58,91	52,27	353 464,49	313 617,03
Склад готової продукції	33,66	29,87	201 979,71	179 209,73
Трансформаторна підстанція	336,63	298,68	2 019 797,11	1 792 097,32
Насосна станція	589,11	522,70	3 534 644,95	3 136 170,31
Електро-ремонтний цех	336,63	298,68	2 019 797,11	1 792 097,32
Адміністративні приміщення	12,62	11,20	75 742,39	67 203,65

Продовження таблиці 1.6

Транспортні приміщення (гаражі)	33,66	29,87	201 979,71	179 209,73
Токарний цех	92,57	82,14	555 444,21	492 826,76
Сума	2 449,00	2 172,92	14 694 024,00	13 037 508,00

У таблиці 1.6 наведено наступні параметри:

W_a , W_p – річні обсяги споживання активної та реактивної електроенергії відповідно (для кожного об'єкта споживання енергії);

P_c , Q_c – середні значення активної та реактивної потужностей об'єктів підприємства за рік, які обчислюються за формулами:

$$P_c = \frac{W_a}{T_p}, \text{ кВт}; \quad Q_c = \frac{W_p}{T_p}, \text{ кВАр},$$

де T_p – річний час роботи заводу (приблизно 6 тисяч год. (в 3 зміни)).

Середній тариф за електроенергію – 11,8 грн./(кВт·год.);

В табл. 1.7 подано характеристику основних електроприймачів об'єктів електроспоживання підприємства:

Таблиця 1.7 – Електроприймачі підприємства

Прохідна	Системи обмеження доступу, відеомоніторинг, електронні журнали та реєстраційні системи, захист персональних даних.
Брагоректифікаційний цех	Дистиляційні колони, пристрої для вимірювання температури та тиску, рефлюксконтролери, реактори та резервуари, охолоджувальні системи, обладнання для відведення парів.
Склад ФГЕ спирту	Устаткування для ферментації, резервуари й процесори для дистиляції, системи очищення й фільтрації, тара та упаковка для зберігання і транспортування, лабораторні пристрої для контролю якості, готовий до споживання спирт, документація та маркування.
Бродильний цех	Резервуари для бродіння, дозувальні пристрої, терморегуляційне обладнання, сенсори контролю, змішувальні механізми, трубопровідні системи, системи вентиляції й відведення газів, пристрої для проб і вимірювань, автоматизовані системи ферментації.

Продовження таблиці 1.7

Вагове приміщення	Обладнання для зважування продукції, вагові платформи, вимірювальні пристрої, комп'ютерні системи вагового обліку, механізми для завантаження та розвантаження, ваги для фасування, автоматизовані системи зберігання та звітності.
Варочний цех	Силоси, зерноочисні машини, ваги, дробарки, млини, змішувачі, пароінжектори, резервуари для гарячої води, теплообмінники.
Котельня	Котли для виробництва тепла, автоматизовані системи управління, паливні резервуари, системи подачі палива, димососи, вентиляційні системи, пристрої контролю тиску та температури, системи очищення конденсату.
Норія	Підйомні механізми, регулятори швидкості, ремінні передачі, електромотори, автоматизовані системи управління, кріплення й опори, пульти управління, безпекові системи.
Склад готової продукції	Приміщення для зберігання продукції, поличні системи, обладнання для маркування, механізми для завантаження, вимірювальні прилади для моніторингу запасів, автоматизовані системи обліку, упаковка, системи безпеки та відеонагляд.
Трансформаторна підстанція	Обладнання для зміни напруги, прилади для моніторингу струму, комутаційна апаратура, системи пожежогасіння, пристрої для вимірювання потужності, системи охолодження, автоматизовані системи
Насосна станція	Насоси для рідин, резервуари для зберігання, трубопроводи для транспортування, пристрої контролю тиску, автоматизовані системи управління, мотори для насосів, клапани для регулювання потоку, системи аварійного відключення.
Електро-ремонтний цех	Інструменти для електроремонту, прилади діагностики, кабелі для заміни, системи прокладки кабелів, паяльне обладнання для обробки електричних деталей.
Адміністративні приміщення	Комп'ютери, офісна техніка, телефонні системи, обладнання для вентиляції, системи освітлення, конференц-зали.
Транспортні приміщення (гаражі)	Приміщення для транспорту, системи вентиляції, обладнання для техобслуговування, автомийки, механізми воріт, пожежна безпека.
Токарний цех	Верстати, інструменти для обробки, системи охолодження, прилади для точності, фіксатори деталей, електропанелі, системи видалення стружки, програми для управління верстатами.

План котельні зображено на рисунку 1.5, а таблиця 1.8 містить відповідні назви та потужності обладнання.

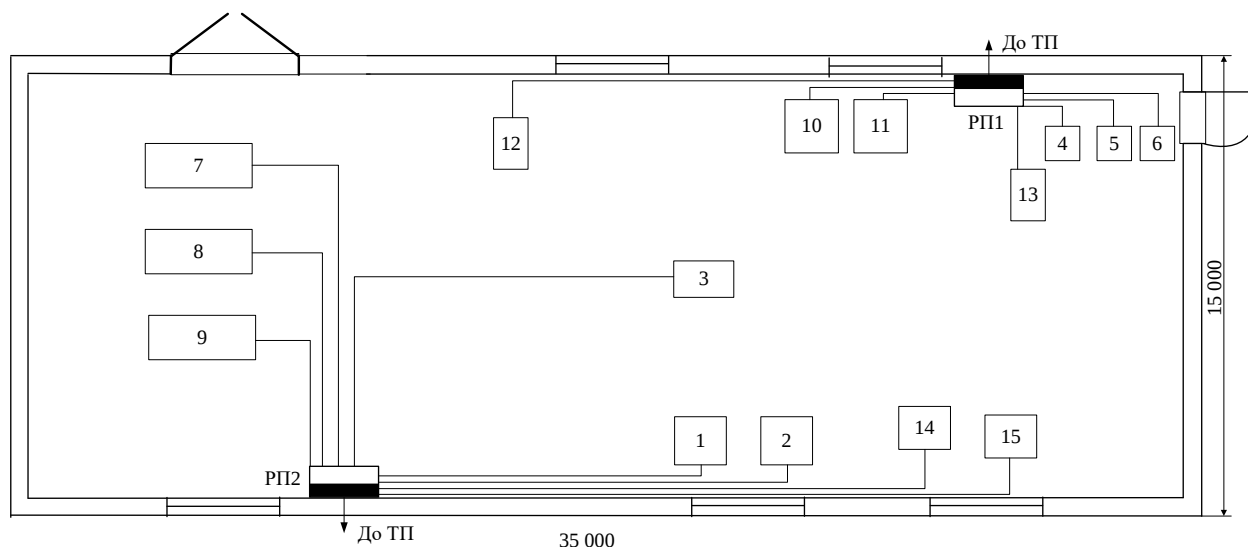


Рис. 1.5 – План Котельні

Таблиця 1.8 - Відомості про електричні навантаження котельні

№	Електроприймач	Номінальна потужність
1,2	Насос для сирої води	5,5 кВт
3	Рециркуляційний насос	15,0 кВт
4-6	Основний насос	45,0 кВт
7-9	Циркуляційний насос	30,0 кВт
10,11	Насос мережі	45,0 кВт
12	Циркуляційний насос	7,5 кВт
13	Вентиляційний агрегат	10,0 кВт
14,15	Насос господарського призначення	15,0 кВт

Підприємство має бути віднесене до споживачів II категорії за надійністю електропостачання.

1.5 Складання та аналіз ПЕБ підприємства

Проаналізувавши споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР) на підприємстві за 2022 рік (див. табл. 1.9, 1.10) побудовано паливно-енергетичні

баланси, які відображають розподіл ПЕР між цехами та демонструють обсяги втрат.

На рис. 1.3 представлено баланс електроенергії на підприємстві, який показує, що основним споживачем є насосна станція. Цей об'єкт потребує детального аналізу для виявлення потенційних можливостей енергозбереження.

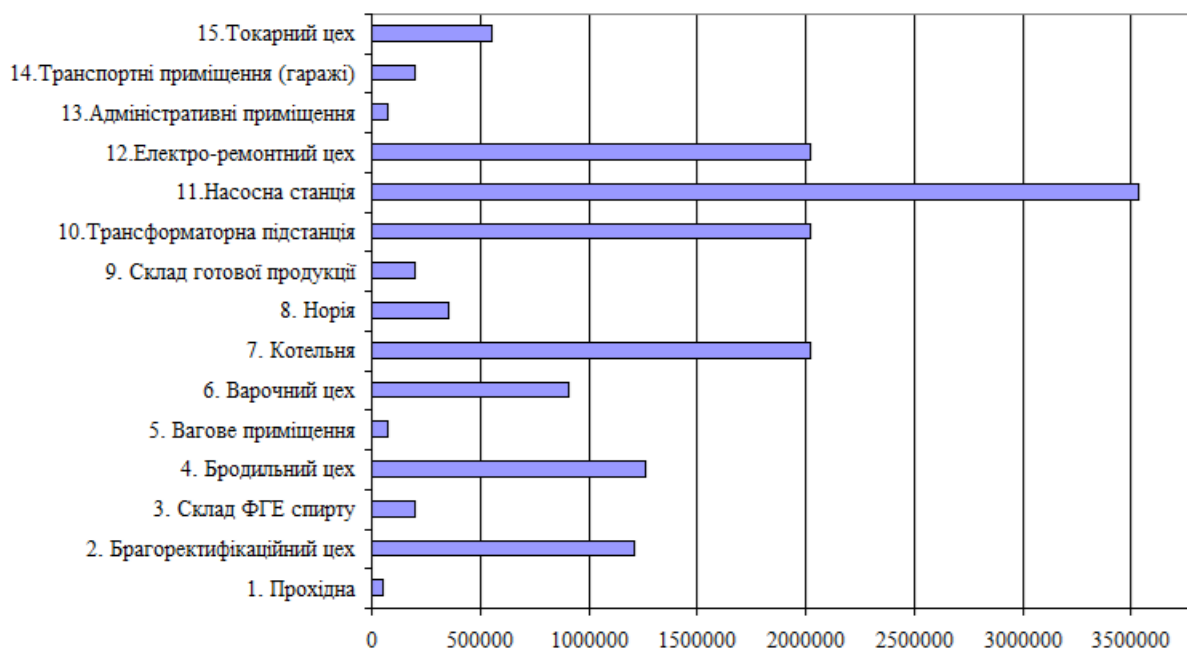


Рисунок 1.3 – Баланс використання електроенергії на підприємстві

Таблиця 1.9 – Відомості про електричне навантаження підприємства

№ на плані	Відомості про електричні навантаження підприємства		
1	1. Прохідна	10	0,34
2	2. Брагоректифікаційний цех	240	8,25
3	3. Склад ФГЕ спирту	40	1,37
4	4. Бродильний цех	250	8,59
5	5. Вагове приміщення	15	0,52
6	6. Варочний цех	180	6,19
7	7. Котельня	400	13,75
8	8. Норія	70	2,41
9	9. Склад готової продукції	40	1,37
10	10.Трансформаторна підстанція	400	13,75
11	11.Насосна станція	700	24,05
12	12.Електро-ремонтний цех	400	13,75

Продовження таблиці 1.9

13	13.Адміністративні приміщення	15	0,52
14	14.Транспортні приміщення (гаражі)	40	1,37
15	15.Токарний цех	110	3,78
	Разом	2910	100

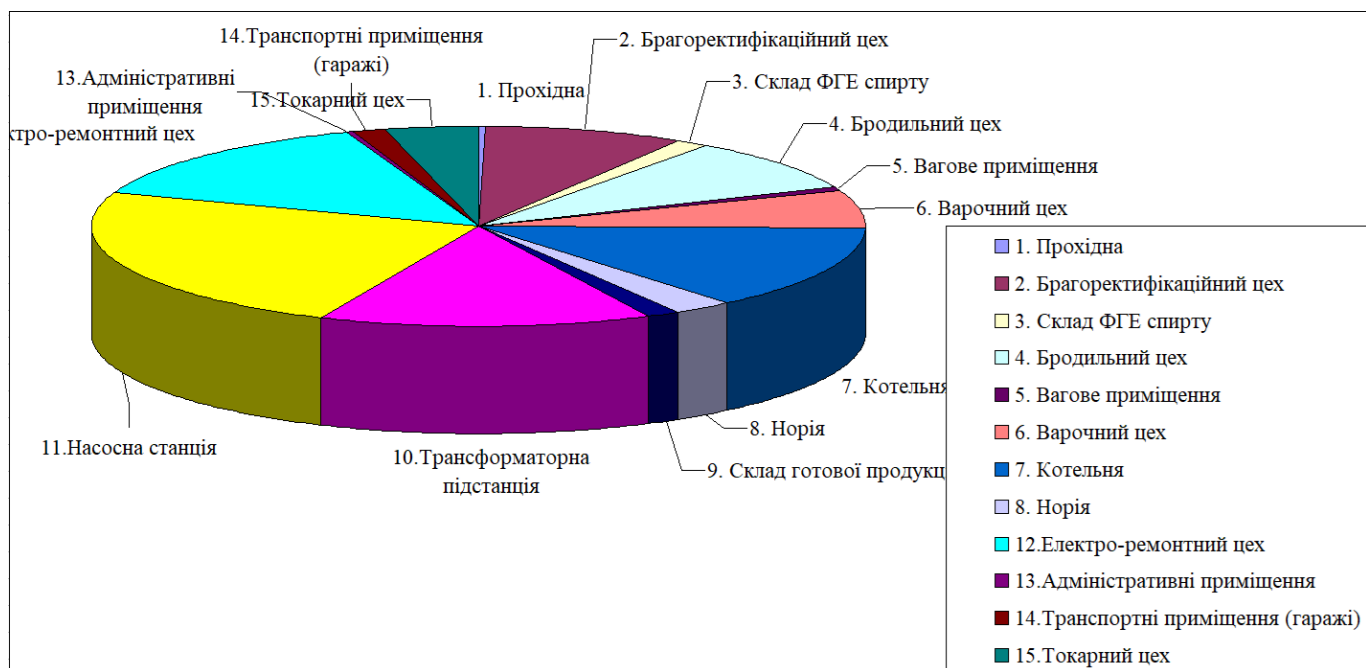


Рисунок 1.4 – Відомості про електричне навантаження підприємства

Таблиця 1.10 – Відомості про електричне навантаження цеху

Порядковий №	Електроприймач	К-сть	Р _н , кВт	Р _Σ , кВт	%
1-2	Насос для сирії	2	5,5	11	0,03
3	Рециркуляційний	1	15	15	0,04
4, 5, 6	Основний насос	3	45	135	0,35
7, 8, 9	Циркуляційний	3	30	90	0,23
10-11	Насос мережі	2	45	90	0,23
12	Циркуляційний	1	7,5	7,5	0,02
13	Вентиляційний	1	10	10	0,03
14-15	Насос	2	15	30	0,08
1-2	Насос для сирії	2	5,5	11	0,03
	Сума:			388,5	100

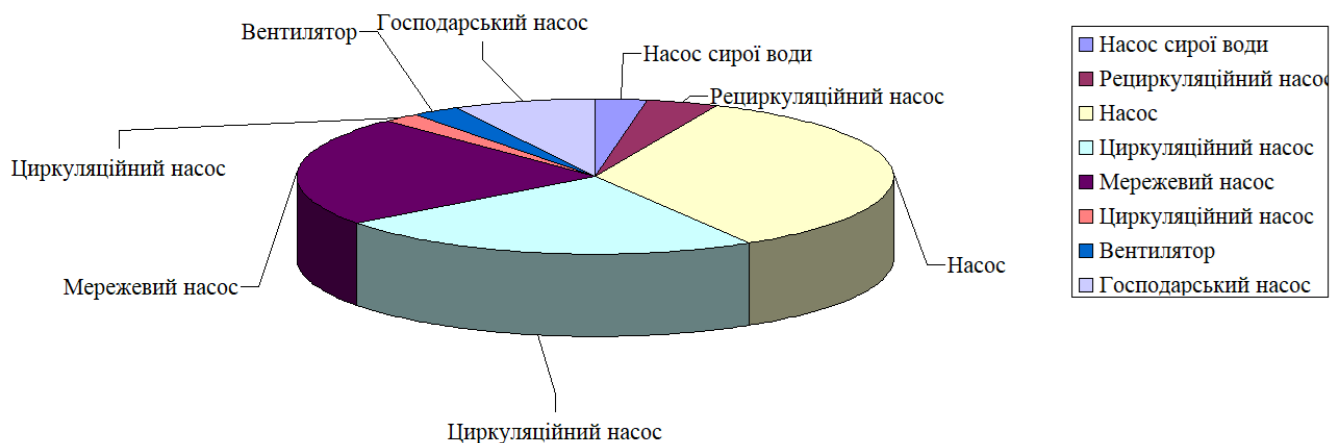


Рисунок 1.5 – Відомості про електричне навантаження Котельні

1.6 Висновок до розділу 1

Проаналізувавши технологічний процес Буцацького мальтозного заводу, можна зробити наступні висновки: Технологічна лінія заводу включає ряд етапів, на яких сировина піддається ретельній підготовці та обробці. В процесі дослідження були представлені дані про підприємство, зокрема електричні навантаження, електроспоживання, джерела живлення та технологічні процеси.

З урахуванням технологічних особливостей, заводу слід звернути увагу на оптимізацію енергетичних витрат і покращення технічних характеристик процесів, що дозволить зменшити витрати та підвищити якість кінцевого продукту.

2 СТВОРЕННЯ СИСТЕМ ЕНЕРГОМЕНДЖМЕНТУ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА МАТЕМАТИЧНИЙ АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ

2.1 Положення про структурний відділ з енергоменеджменту

1. Загальні положення:

1.1. Структурний підрозділ з енергоменеджменту (далі – відділ) є окремою організаційною одиницею ДП «Буцацький мальтозний завод», яка безпосередньо підпорядковується генеральному директору та здійснює свою діяльність відповідно до даного регламенту.

Відділ співпрацює з іншими структурними підрозділами ТОВ ДП «Буцацький мальтозний завод» з питань, що входять до його компетенції (див. рис. 2.1).

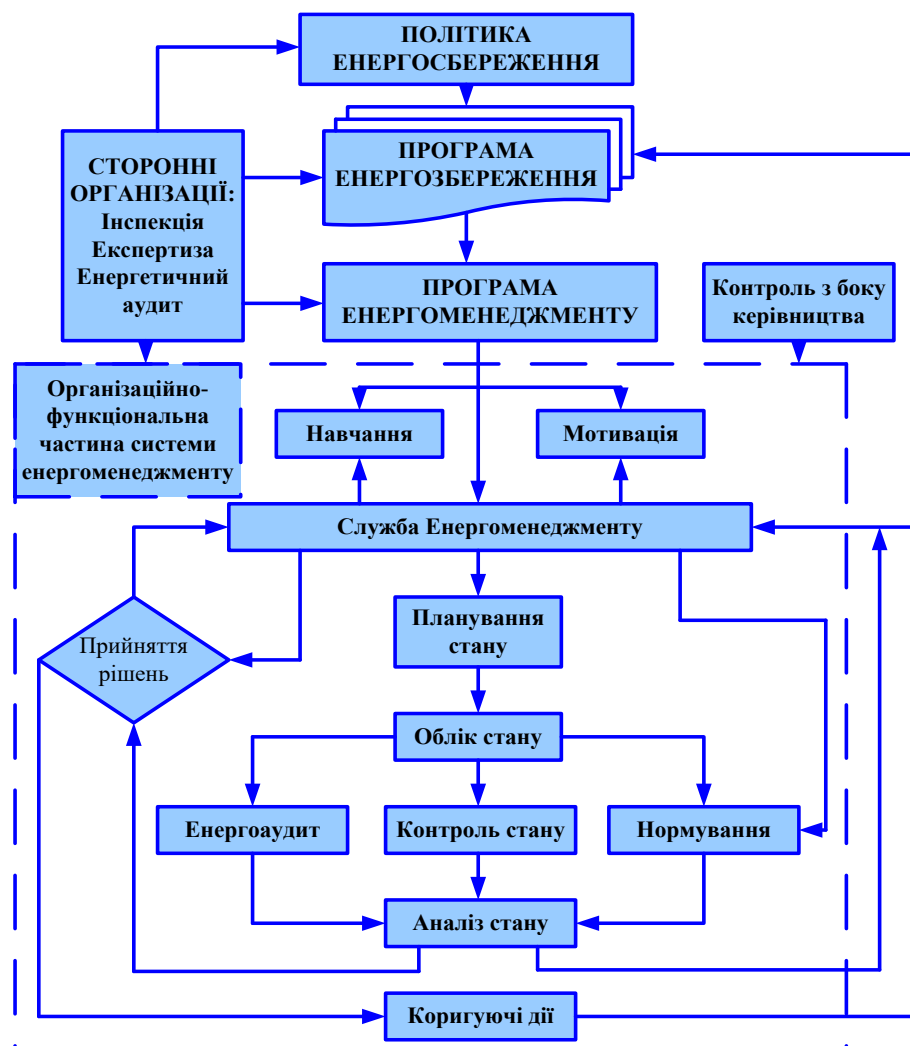


Рисунок 2.1 – Схема функціонування системи енергоменеджменту

2.1 Регламент функціонування структурного відділу енергоменеджменту

1.2. У своїй діяльності відділ керується Конституцією України, чинними законами та нормативно-правовими актами, зокрема рішеннями Верховної Ради, указами Президента України, постановами Кабінету Міністрів, а також положеннями Міністерства та внутрішніми розпорядчими документами, що стосуються його компетенції.

1.3. Відділ виконує свою роботу згідно з затвердженими планами та програмами діяльності ТОВ ДП «БМЗ».

1.4. До складу відділу входять: головний енергоменеджер та його помічник.

1.5. Відділ здійснює взаємодію з іншими структурними підрозділами, органами виконавчої влади, місцевого самоврядування, підприємствами, установами, організаціями, включно з міжнародними, а також громадянами України.

Основні завдання відділу:

2.1. Ключові завдання:

2.1.1. Проведення моніторингу, аналізу інформації та контролю за споживанням енергоресурсів ДП «Бучацький мальтозний завод».

2.1.2. Організація робіт з енергозбереження та підвищення енергоефективності.

Функції відділу:

3.1. З урахуванням поставлених завдань відділ:

3.1.1. Розробляє проекти нормативних актів у сфері енергозбереження.

3.1.2. Бере участь у створенні нормативних документів, що регулюють енергоефективність.

3.1.3. Підготовлює інформаційно-аналітичні матеріали та презентації з питань енергозбереження.

3.1.4. Систематизує інформацію, отриману під час моніторингів, та пропонує заходи з енергозбереження.

3.1.5. Надає роз'яснення щодо нормативних актів у цій сфері.

3.1.6. Збирає й аналізує звітність та іншу інформацію для підготовки рішень генерального директора.

3.1.7. Бере участь у розробці програм енергозбереження та підготовці економічних обґрунтувань їх впровадження.

3.1.8. Координує дії, пов'язані з енергоефективними проектами та програмами.

Права відділу:

4.1. Відділ має право:

4.1.1. Звертатися до інших підрозділів за необхідною інформацією та надавати свої матеріали.

4.1.2. Організовувати роботу відділу, забезпечуючи виконання завдань керівництва.

4.1.3. Підписувати документи в межах своєї компетенції.

5. Керівництво діяльністю відділу

5.1. Управління відділом здійснює керівник, який призначається та звільняється з посади генеральним директором відповідно до чинного законодавства.

5.2. Керівник відділу визначає розподіл обов'язків серед керівників структурних підрозділів, враховуючи покладені завдання та функції.

5.3. До основних обов'язків керівника відділу належать:

5.3.1. Розподіл обов'язків серед працівників, організація, координація та контроль їхньої роботи.

5.3.2. Забезпечення виконання відділом функцій і доручень генерального директора у визначені терміни.

5.3.3. Контроль за виконанням посадових інструкцій працівниками, організація заходів з підвищення їхньої кваліфікації.

5.3.4. Організація розробки проектів нормативно-правових актів, що належать до компетенції відділу.

5.3.5. Виконання інших функцій відповідно до чинного законодавства.

6. Відповідальність

Керівник та працівники відділу несуть відповідальність за неякісне чи несвоєчасне виконання своїх обов'язків, бездіяльність або неналежне використання своїх повноважень, а також за порушення норм професійної етики. Інші види відповідальності визначаються чинним законодавством України.

7. Взаємодія з іншими структурними підрозділами

Відділ тісно співпрацює з іншими підрозділами, забезпечуючи ефективну реалізацію поставлених завдань та обмін необхідною інформацією.

2.2 Формування центрів обліку енергії на підприємстві

Одним із ключових етапів створення системи енергоменеджменту є визначення центрів обліку енергії (ЦОЕ). ЦОЕ виступають як об'єкти управління, тому їх формування має відповідати певним критеріям:

значний рівень енергоспоживання підрозділом підприємства, на базі якого створюється ЦОЕ;

охоплення обліком усієї спожитої енергії у межах ЦОЕ;

призначення відповідальної особи за енергоефективність у межах діяльності ЦОЕ.

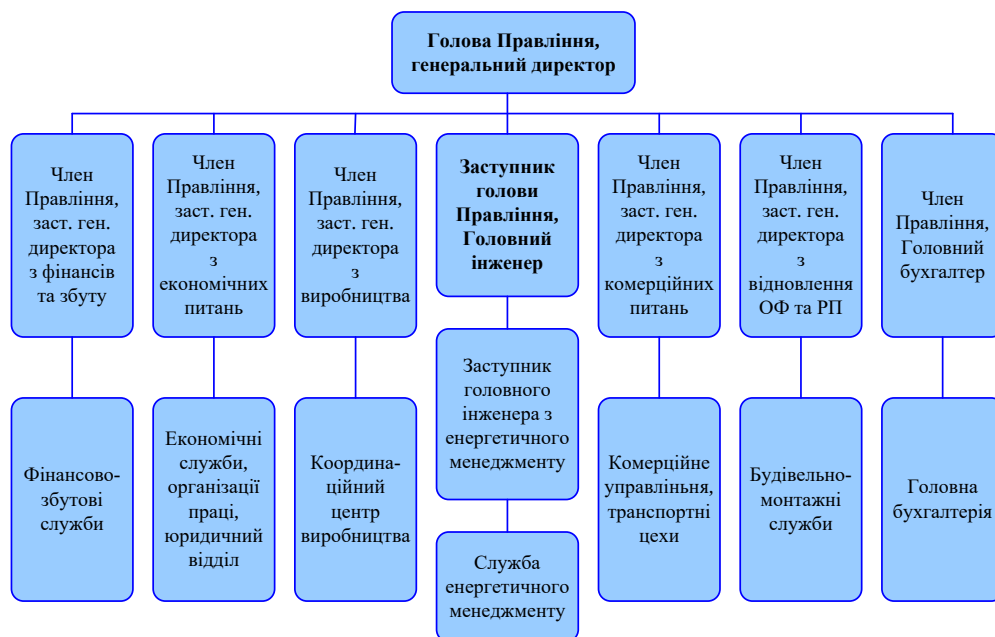


Рисунок 2.2 – Структура підприємства з інтегрованою системою енергоменеджменту

В межах промислового підприємства центри обліку енергії (ЦОЕ) мають забезпечувати контроль за основною частиною енергоспоживання. Це досягається створенням ЦОЕ на базі найбільш енергоємних споживачів, що дозволяє контролювати значні обсяги енергії при відносно невеликій кількості таких центрів. Важливо, щоб результати роботи ЦОЕ були легко доступними для моніторингу, що сприятиме аналізу та підвищенню показників енергоефективності підрозділів.

Ефективним прикладом є створення ЦОЕ на базі технологічної лінії, де можна співставляти споживання енергії з обсягом виготовленої продукції, оцінюючи енергоефективність процесу.

ЦОЕ повинні забезпечувати облік усіх видів споживаної енергії, включаючи електроенергію, газ, воду, пару тощо. Це дозволяє чітко визначити відповідальність керівництва центру за енергоспоживання. У разі складної структури розподільних систем енергопостачання підприємства необхідно встановлювати окремі лічильники для кожного ЦОЕ, що часто супроводжується дообладнанням мережі.

Для забезпечення ефективного функціонування ЦОЕ необхідно визначити відповідальних осіб, які нести персональну відповідальність за використання енергії. Організація таких центрів потребує врахування структурних особливостей підприємства, зокрема підпорядкованості підрозділів і наявності системи матеріального стимулювання персоналу.

Оптимальним є призначення посадовців, відповідальних за енергоспоживання виробничих ділянок чи обладнання, з урахуванням енергобалансів. Організаційна структура підприємства зазвичай формується за територіально-виробничим принципом, що передбачає поділ виробничого процесу на автономні підрозділи. Керівники таких підрозділів відповідають за виконання управлінських функцій, включаючи контроль за енергоспоживанням.

На практиці такий підхід успішно застосовується, наприклад, у видобувних галузях, де ЦОЕ створюються на базі ділянок видобутку. Це

дозволяє ефективно контролювати та управляти споживанням енергії на кожній ділянці, як показано на рисунку 2.3.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		ЦОЕ	Місце встановлення лічильника	Рп, кВт	альний за енергопос	Р, %	А, грн/кВт	t, год	С
2	1,2	Насос сирови води	РП-2(ЦОЕ1)	11	Нач. Ділянки Котельн	3,00	5,50	4380,00	722,70
3	3	Резиркуляційний насос	РП-2(ЦОЕ1)	15	Нач. Ділянки Котельн	3,00	5,50	4380,00	722,70
4	4-6,	Насос	РП-1(ЦОЕ2)	135	Нач. Ділянки Котельн	3,00	5,50	13140,00	2168,10
5	7-9,	Циркуляційний насос	РП-2(ЦОЕ3)	90	Нач. Ділянки Котельн	3,00	5,50	13140,00	2168,10
6	10,11	Мережевий насос	РП-1(ЦОЕ4)	90	Нач. Ділянки Котельн	3,00	5,50	13140,00	2168,10
7	12	Циркуляційний насос	РП-1(ЦОЕ2)	7,5	Нач. Ділянки Котельн	3,00	5,50	4380,00	722,70
8	13	Вентилятор	РП-1(ЦОЕ2)	10	Нач. Ділянки Котельн	3,00	5,50	4380,00	722,70
9	14,15	Господарський насос	РП-2(ЦОЕ5)	30	Нач. Ділянки Котельн	3,00	5,50	4380,00	722,70
10				Рс				Сум	10117,80
11				48,5625					
12				1,5					

Рисунок 2.3 – Дані про споживачів та встановлені ЦОЕ

2.3 Посадова інструкція головного енергоменеджера відділу енергоменеджменту підприємства

1. Загальні положення

1.1. Головний спеціаліст відділу енергоменеджменту підзвітний генеральному директору ТОВ ДП «БМЗ».

1.2. Призначення та звільнення головного енергоменеджера здійснюється генеральним директором згідно з чинним законодавством.

1.3. Вимоги до головного спеціаліста:

1.3.1. Загальні вимоги:

Освіта: вища, ступінь магістра.

Досвід роботи: щонайменше два роки.

Мовні навички: вільне володіння державною мовою.

1.3.2. Спеціальні вимоги:

Знання нормативно-правової бази у сферах енергетики, енергозбереження, будівництва, житлово-комунального господарства, а також законодавства з охорони праці та техніки безпеки.

Уміння організовувати, планувати та контролювати роботу, аналізувати великі обсяги даних, розставляти пріоритети та постійно вдосконалювати професійні навички.

1.4. У разі відсутності головного енергоменеджера його обов'язки виконує призначений наказом генерального директора помічник.

2. Завдання та обов'язки

Головний енергоменеджер виконує такі функції:

2.1. Збір, обробка і моніторинг даних про споживання енергоресурсів підприємства; ведення відповідного реєстру.

2.2. Підготовка аналітичних звітів і рекомендацій щодо економії енергоресурсів.

2.3. Участь у розробці програм енергозбереження та підвищення ефективності енергоспоживання.

2.4. Проведення розрахунків для встановлення лімітів і базових рівнів енергоспоживання та контроль за їх дотриманням.

2.5. Аналіз відповідності фактичного споживання встановленим лімітам.

2.6. Організація збору даних для підготовки проектів енергоефективної реконструкції об'єктів.

2.7. Участь у розробці техніко-економічних обґрунтувань, планів закупівель та інших супровідних документів.

2.8. Розрахунок економії енергоресурсів від реалізації енергоефективних проектів.

2.9. Формування реєстру заходів з енергозбереження та підвищення енергоефективності.

2.10. Участь у підготовці енергетичних звітів і паспортів проектів з енергозбереження.

3. Права

Головний енергоменеджер має право:

3.1. Отримувати від посадових осіб необхідні для виконання завдань документи та інші матеріали.

3.2. Брати участь у розгляді питань у межах своїх службових обов'язків.

4. Відповідальність

Головний енергоменеджер несе відповідальність за:

- 4.1. Несвоєчасне, неналежне або невиконання покладених обов'язків.
- 4.2. Порухення внутрішнього трудового розпорядку, техніки безпеки або протипожежних норм.
- 4.3. Розголошення конфіденційної інформації.
- 4.4. Завдання матеріальної шкоди підприємству.
- 5. Взаємовідносини за посадою

Головний енергоменеджер взаємодіє з іншими відділами та структурними підрозділами ДП «Бучацький мальтозний завод», а також із центральними органами виконавчої влади.

2.4 Оцінка параметрів досліджуваних факторів промислового підприємства та перевірка вибірки на відповідність нормальному розподілу

Для проведення аналізу параметрів досліджуваних факторів промислового підприємства необхідно розрахувати:

- середнє арифметичне значення;
- дисперсію та стандартне відхилення вибірки;
- коефіцієнт варіації;
- характеристики асиметрії та ексцесу;
- початкові та центральні статистичні моменти.

Мода визначається як значення, яке найчастіше повторюється у наборі емпіричних даних.

Медіана є центральним значенням упорядкованого ряду даних.

Середнє арифметичне розраховується шляхом ділення суми всіх значень вибірки на кількість цих значень.

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}; \quad (3.1)$$

Формула для визначення дисперсії вибірки:

$$s_x^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}; \quad (3.2)$$

Середньоквадратичне відхилення є нічим іншим, як квадратним коренем з дисперсії, визначається за формулою:

$$s_x = \sqrt{s_x^2}; \quad (3.3)$$

Для обґрунтування доцільності використання методів математичної статистики перевіряються гіпотези щодо нормального розподілу ймовірностей отриманих даних. Таку перевірку можна виконати, застосовуючи критерії Колмогорова, χ^2 , ω^2 , або аналізуючи параметри асиметрії та ексцесу. На практиці найчастіше використовують саме останній підхід.

Асиметрія відображає ступінь відхилення розподілу від симетричності відносно його середнього значення.

Ексцес характеризує опуклість або згладженість вибіркового розподілу порівняно із нормальним.

Асиметрія використовується для оцінки асиметричності кривої розподілу та розраховується за такою формулою:

$$S_k = \frac{\mu_3}{\sigma^3}; \quad (3.4)$$

Ексцес описує форму кривої розподілу, вказуючи на наявність гострої або згладженої вершини. Він розраховується за наступною формулою:

$$E_x = \frac{\mu_4}{\sigma^4} - 3; \quad (3.5)$$

Для визначення асиметрії та ексцесу за допомогою методів моментів використовують такі рівняння:

$$\tilde{E}_x = \frac{m_4}{s^4}; \quad \tilde{S}_k = \frac{m_3}{s^3}. \quad (3.6)$$

де m_3 та m_4 – вибічкові центральні моменти 3- та 4-го порядків;

s^3, s^4 – відповідно оцінки середнього квадратичного відхилення 3- та 4-го ступенів.

$$m_3 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x})^3; \quad m_4 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \tilde{x})^4; \quad (3.7)$$

$$s^3 = \left(\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2} \right)^3; \quad s^4 = \left(\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - m_x)^2} \right)^4. \quad (3.8)$$

Для розподілів оцінок $\tilde{S}_k$ та $\tilde{E}_x$ створені таблиці [табл. 1], в яких наведені критичні значення $\tilde{S}_{k_\alpha}$ та $E_{x_\alpha^-}, E_{x_\alpha^+}$ для $\alpha = 0,01; 0,05$. Гіпотеза нормальності відкидається, якщо

$$|\tilde{S}_k| > [\tilde{S}_{k_\alpha}]; \quad \tilde{E}_x < E_{x_\alpha^-}; \quad \tilde{E}_x > E_{x_\alpha^+}. \quad (3.9)$$

при цьому застосовується той самий факт, що і для нормального закону розподілу, а саме:

$$M = [\tilde{S}_k] = 0; \quad M = [\tilde{E}_x] = 0. \quad (3.10)$$

На рисунку 3.1 представлено результати розрахунку досліджуваних параметрів промислового підприємства. За підсумками проведених обчислень підтверджено прийняття гіпотези щодо нормального розподілу значень електроспоживання, що підтверджує доцільність використання методів математичної статистики.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	ЛИПЕНЬ								
2		Об'єм спирта та патоки, т	Ел. енергія, кВт*год						
	Число							засоби контролю	Ел. енергія
3	1	150,85	40016,77	сб	Середнє арифметичне			149,66	41377,10
4	2	146,26	39161,31	нд	Дисперсія вибірки			358,81	2312666,51
5	3	174,13	40463,46	п	Середньоквадратичне відхилення			18,94	1520,75
6	4	151,18	40037,84	в	Асиметрія			0,71	0,54
7	5	137,4	41095,57	с	Ексцес			1,55	-0,41
8	6	113,46	41247,28	ч	Нормальний закон розподілу			0,52	0,19
9	7	205,61	41571,76	п				0,43	0,07
10	8	159,7	42937,12	сб				0,90	0,27
11	9	150,85	41158,78	нд				0,53	0,19
12	10	188,23	42153,3	п				0,26	0,43
13	11	157,08	44483,68	в	Асиметрія			0,03	0,47
14	12	119,37	42625,28	с	0,71до0,54			1,00	0,55
15	13	152,16	41546,48	ч	Ексцес			0,70	0,85
16	14	150,85	39873,49	п	1,55до0,41			0,52	0,44
17	15	162,65	39974,63	сб				0,98	0,70
18	16	138,71	44458,39	нд				0,65	0,98
19	17	132,48	39431,01	п				0,05	0,79
20	18	122,65	39009,61	в				0,55	0,54
21	19	152,49	41934,17	с				0,52	0,16
22	20	147,24	40610,95	ч				0,75	0,18
23	21	140,35	39911,42	п				0,28	0,98
24	22	150,85	42317,65	пн				0,18	0,10
25	23	142,65	42941,33	вт				0,08	0,06
26	24	152,16	41521,19	п				0,56	0,64
27	25	125,6	43872,64	в				0,45	0,31
28	26	153,47	39540,58	с				0,31	0,17
29	27	130,52	44256,12	ч				0,52	0,73
30	28	170,52	41150,35	п				0,36	0,85
31	29	169,54	40754,23	ср				0,55	0,54
32	30	140,35	41335,77	чт				0,10	0,95
33	31	150,19	41297,85	п				0,58	0,11
34			1282690					0,16	0,97
35			41377					0,86	0,44
36								0,85	0,34
37								0,31	0,49
38								0,51	0,48

Рисунок 2.4 – Дані про виготовлену продукцію та використану електроенергію

2.5 Розробка прогнозів споживання паливно-енергетичних ресурсів на заводі

Прогнозування слугує ключовим інструментом для забезпечення енергоменеджера необхідною інформацією для своєчасного прийняття рішень, спрямованих на стабілізацію роботи енергетичного господарства підприємства. Наприклад, якщо на основі прогнозу на початку місяця буде виявлено можливе

перевищення споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), оперативне коригування процесів дозволить усунути потенційні проблеми.

Методи прогнозування ґрунтуються на екстраполяції, що полягає у формуванні прогнозів на основі аналізу минулих та поточних даних.

Існує безліч підходів до прогнозування. Наведемо 3 з них.

Лінійна, незмінна в часі:

$$y_t^{np} = a. \quad (3.11)$$

де
$$a = \frac{\sum_{t=1}^n y_t}{n}.$$

Лінійна функція:

$$y_t^{np} = a + t \cdot b. \quad (3.12)$$

де
$$a = \frac{2(2n+1)\sum_{t=1}^n y_t - 6\sum_{t=1}^n y_t t}{n(n-1)}, \quad b = \frac{2\sum_{t=1}^n y_t t - (n+1)\sum_{t=1}^n y_t}{n(n-1)}.$$

Періодична функція:

$$y_t^{np} = a + b \cos \frac{2\pi}{n} t + c \sin \frac{2\pi}{n} t. \quad (3.13)$$

де
$$a = \frac{\sum_{t=1}^n y_t}{n}, \quad b = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n y_t \cos \frac{2\pi}{n} t, \quad c = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n y_t \sin \frac{2\pi}{n} t.$$

Найбільш підходящу функцію обирають за критерієм мінімального стандартного відхилення.

$$\sigma_{y_t} = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (y_t - y_t^{np})^2}{n-1}} \Rightarrow \min. \quad (3.14)$$

Дані про виготовлену продукцію та використану електроенергію та їх добуток наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Дані про виготовлену продукцію та використану електроенергію та їх добуток

Число	Об'єм спирта та патоки, т	Ел. енергія, кВт*год	Y*T
1	150,85	40016,8	6036529,8
2	146,26	39161,3	5727733,2
3	174,13	40463,5	7045902,3
4	151,18	40037,8	6052920,7
5	137,4	41095,6	5646531,3
6	113,46	41247,3	4679916,4
7	205,61	41571,8	8547569,6
8	159,7	42937,1	6857058,1
9	150,85	41158,8	6208802
10	188,23	42153,3	7934515,7
11	157,08	44483,7	6987496,5
12	119,37	42625,3	5088179,7
13	152,16	41546,5	6321712,4
14	150,85	39873,5	6014916
15	162,65	39974,6	6501873,6
16	138,71	44458,4	6166823,3
17	132,48	39431	5223820,2
18	122,65	39009,6	4784528,7
19	152,49	41934,2	6394541,6
20	147,24	40611	5979556,3
21	140,35	39911,4	5601567,8
22	150,85	42317,7	6383617,5
23	142,65	42941,3	6125580,7
24	152,16	41521,2	6317864,3
25	125,6	43872,6	5510403,6
26	153,47	39540,6	6068292,8
27	130,52	44256,1	5776308,8
28	170,52	41150,4	7016957,7
29	169,54	40754,2	6909472,2
30	140,35	41335,8	5801475,3
31	150,19	41297,9	6202524,1
		1282690	191914992

Результати обчислення періодичної функції, та результати прорахунку зображені на рисунку таблиці 2.5 – 2.6 відповідно. На рисунку 2.7 наведено графік прогнозуючих функцій.

E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
йна не залежна від		Лінійна функція			Періодична функція				б		
a	y1	a	b	y2	a	b	c	y3	61	62	63
41377,10	41377,10	-1064377,43	368584,84	-695792,59	41377,10	81061,92	16649,97	124131,29	1545,88	5912155,98	59647,66
				-327207,74		76054,32	32618,97	122439,02			
				41377,10		67936,19	47253,90	117431,42			
				409961,94		57039,55	59956,20	109313,28			
		Ynp=2454,4254+(-10.9)*t		778546,78		43810,07	70206,37	98416,65			
				1147131,62		28788,80	77585,19	85187,16			
				1515716,46		12590,12	81790,87	70165,90			
				1884301,31		-4123,49	82651,40	53967,21			
				2252886,15		-20668,45	80131,59	37253,61			
				2621470,99		-36368,10	74334,50	20708,64			
				2990055,83		-50580,34	65497,22	5008,99			
				3358640,67		-62723,90	53981,19	-9203,24			
				3727225,52		-72302,14	40257,39	-21346,81			
				4095810,36		-78923,31	24887,11	-30925,04			
				4464395,20		-82316,61	8498,99	-37546,21			
				4832980,04		-82343,26	-8236,74	-40939,51			
				5201564,88		-79002,18	-24635,59	-40966,16			
				5570149,73		-72430,00	-40026,88	-37625,08			
				5938734,57		-62895,53	-53781,12	-31052,91			
				6307319,41		-50788,71	-65335,77	-21518,44			
				6675904,25		-36604,70	-74218,28	-9411,61			
				7044489,09		-20923,59	-80065,35	4772,40			
				7413073,94		-4386,74	-82637,84	20453,50			
				7781658,78		12329,52	-81830,55	36990,36			
				8150243,62		28541,53	-77676,50	53706,62			
				8518828,46		43586,21	-70345,57	69918,62			
				8887413,30		56848,28	-60137,59	84963,31			
				9255998,15		67785,32	-47470,06	98225,38			
				9624582,99		75950,03	-32861,06	109162,42			
				9993167,83		81008,48	-16908,09	117327,13			
				10361752,67		82753,77	-263,60	122385,57			
				149822381,30				1281393,48			

Рисунок 2.5 – Результати обчислення періодичної функції

R	S	T	U	V	W
y1		y2		y3	
y-ynp1	(y-ynp1)^2	y-ynp2	(y-ynp2)^2	y-ynp3	(y-ynp3)^2
-1360,33	1850489,81	735809,36	541415409474,68	-84114,52	7075252691,90
-2215,79	4909712,46	366369,05	134226284333,01	-83277,71	6935176868,98
-913,64	834732,74	-913,64	834732,74	-76967,96	5924066130,80
-1339,26	1793609,57	-369924,10	136843839034,33	-69275,44	4799087113,89
-281,53	79257,51	-737451,21	543834288515,92	-57321,08	3285705819,18
-129,82	16852,48	-1105884,34	1222980179784,32	-43939,88	1930713272,41
194,66	37893,65	-1474144,70	2173102610636,62	-28594,14	817624901,26
1560,02	2433671,46	-1841364,19	3390622068073,23	-11030,09	121662955,78
-218,32	47662,35	-2211727,37	4891737953122,73	3905,17	15250390,14
776,20	602490,95	-2579317,69	6652879748762,55	21444,66	459873316,57
3106,58	9650857,33	-2945572,15	8676395305389,64	39474,69	1558250770,52
1248,18	1557960,56	-3316015,39	10995958095820,80	51828,52	2686195797,63
169,38	28690,57	-3685679,04	13584229958692,60	62893,29	3955565629,57
-1503,61	2260834,30	-4055936,87	16450623879075,20	70798,53	5012432178,21
-1402,47	1966913,96	-4424420,57	19575497381586,40	77520,84	6009480499,88
3081,29	9494365,96	-4788521,65	22929939612377,20	85397,90	7292801421,71
-1946,09	3787254,99	-5162133,87	26647626133045,00	80397,17	6463705716,62
-2367,49	5604995,15	-5531140,12	30593510981896,70	76634,69	5872875974,05
557,07	310330,22	-5896800,40	34772254931935,50	72987,08	5327113475,00
-766,15	586981,37	-6266708,46	39271634919611,40	62129,39	3860060579,85
-1465,68	2148209,35	-6635992,83	44036400862108,30	49323,03	2432761764,51
940,55	884639,76	-7002171,44	49030404925585,40	37545,25	1409645685,03
1564,23	2446824,58	-7370132,61	54318854622987,10	22487,83	505702296,02
144,09	20762,76	-7740137,59	59909729872561,40	4530,83	20528452,34
2495,54	6227734,38	-8106370,98	65713250455093,70	-9833,98	96707176,99
-1836,52	3372795,05	-8479287,88	71898322973731,20	-30378,04	922825480,91
2879,02	8288772,88	-8843157,18	78201428966918,70	-40707,19	1657075459,54
-226,75	51414,25	-9214847,80	84913419887394,40	-57075,03	3257558889,49
-622,87	387963,42	-9583828,76	91849773644464,70	-68408,19	4679680625,80
-41,33	1707,93	-9951832,06	99038961329975,20	-75991,36	5774686508,82
-79,25	6280,10	-10320454,82	106511787710092,00	-81087,72	6575218806,80
	71692661,85		1048607649666810,00		106735286650,20
	1545,88		5912155,98		59647,66

Рисунок 2.6 – Результат прорахунку

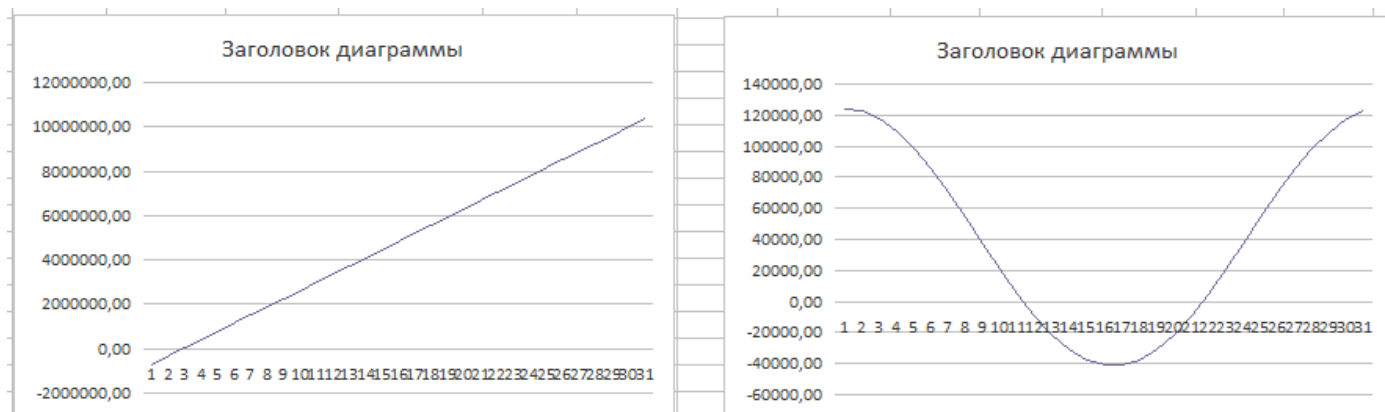


Рисунок 2.7 – Прогнозуючі функції

Отже, оскільки вибір оптимальної функції здійснюється на основі критерію мінімального стандартного відхилення, в даному випадку найкращою прогнозою функцією буде лінійна, оскільки при лінійній функції коефіцієнт кореляції досягає найбільших значень.

2.6 Побудова регресійної моделі споживання електричної енергії на підприємстві

Основою для визначення планових показників енерговитрат є математичні моделі, побудовані на регресійних залежностях. Найбільш поширеною є лінійна регресія $\hat{y} = \alpha + \beta x$. Цей тип залежності широко застосовується в системах енергоменеджменту. В даній моделі коефіцієнт регресії:

$$\beta = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}. \quad (3.15)$$

Зазвичай значення β представляють у вигляді вибірових дисперсій S_x , S_y та а також коефіцієнт кореляції r :

$$\beta = r \frac{S_y}{S_x}. \quad (3.16)$$

$$\text{де } S_y = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (y_i - y_0)^2}; \quad S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (x_i - x_0)^2}; \quad r = \frac{\sum (x_i - x_0)(y_i - y_0)}{(n-1)S_x S_y}; \quad x_0 = \frac{1}{n} \sum x_i;$$

$$y_0 = \frac{1}{n} \sum y_i.$$

Обчислимо значення постійної складової:

$$\alpha = \frac{\sum y_i - \beta \sum x_i}{n}. \quad (3.17)$$

Основним принципом, що дозволяє застосовувати регресійну модель для контролю енергоспоживання, є порівняння фактичних значень з розрахунковими плановими показниками. Припустимо, що регресійна модель для конкретного енергетичного об'єкта (ЦОЕ) була побудована на основі експериментальних даних, отриманих у попередніх дослідженнях. У цьому випадку фактичне споживання енергії (параметр y) у всіх наступних вимірюваннях повинно бути порівняне з плановим середнім значенням a_y , яке відповідає певному значенню незалежної змінної x .

Якщо в наступних вимірюваннях для конкретного значення x_{n+1} фактичне споживання енергії y_{n+1} перевищує заплановане значення $a_{y(n+1)}$, це вказує на неефективне використання енергоресурсів на підприємстві, і потребує коригувальних заходів для зменшення витрат енергії.

Якщо ж фактичне споживання енергії виявляється нижчим за планове, це може свідчити про ефективніше використання енергоресурсів. Важливо зазначити, що планові показники енергоспоживання повинні ґрунтуватися на точній регресійній залежності $a_y = \varphi(x)$. Однак на практиці використовується наближена модель, яка дозволяє тільки оцінити середнє значення $\hat{y}$. Тому для більшої точності необхідно побудувати довірчі інтервали, всередині яких з великою ймовірністю буде знаходитися справжнє значення регресійної залежності $a_y = \varphi(x)$.

Це дозволяє мінімізувати ризики похибок при прогнозуванні та ухваленні рішень.

Для лінійної регресії та її відповідного довірчого інтервалу можна звернутися до рисунка 3.5.

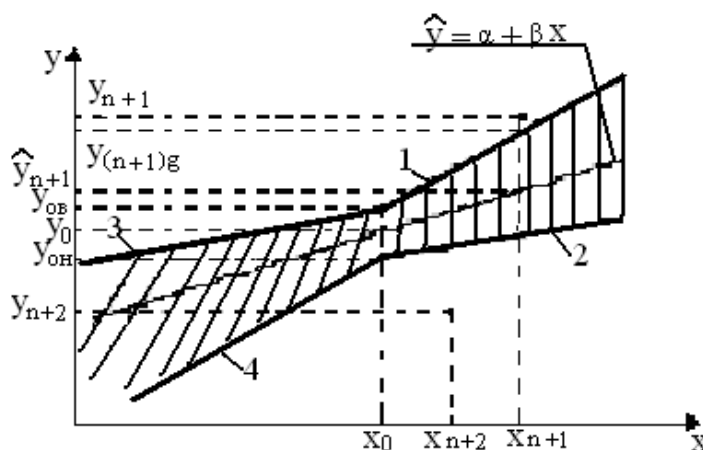


Рисунок 2.8 – Довірчі інтервали регресії

Пряма $\hat{y} = \alpha + \beta x$ розташовується всередині заштрихованої області, обмеженої довірчими інтервалами. Порядок побудови цих довірчих інтервалів описаний нижче.

Дисперсія середнього y_0 виявляється n в рази меншою за середньозважену дисперсію всіх окремих спостережень. Межі довірчого інтервалу для істинного середнього значення параметра y визначаються наступним чином:

$$y_{он} = y_0 - \frac{Sy}{\sqrt{n}} t_{1-p/2}; \quad y_{ов} = y_0 + \frac{Sy}{\sqrt{n}} t_{1-p/2}. \quad (3.17)$$

де $t_{1-p/2}$ – квантилі t -розподілення (розподіл Стюдента).

Наприклад, при $p=0,05$ довірна ймовірність дорівнює $1-p=0,95$. У цьому випадку, при певному значенні $n = 5$, отримаємо відповідні межі довірчого інтервалу $t_{1-p/2} = 2,78$. Коли кількість спостережень збільшується $n = 10$, розподіл Стюдента наближається до нормального. При достатньо великій кількості експериментів цей розподіл можна вважати практично нормальним. Розподіл Стюдента дозволяє визначати довірчі інтервали навіть за умови малих обсягів експериментальних даних.

Границі довірчого інтервалу (β' , β'') для оцінки коефіцієнта регресії β .

$$\beta' = \beta - t_{1-p/2} \frac{Sy\sqrt{1-r}}{Sx\sqrt{n-2}}; \quad \beta'' = \beta + t_{1-p/2} \frac{Sy\sqrt{1-r}}{Sx\sqrt{n-2}}. \quad (3.18)$$

З врахуванням $y_{он}$, $y_{ов}$, β' , β'' можна розрахувати коефіцієнти α :

$$\begin{aligned}\alpha'_1 &= y_{он} - \beta''\bar{x}; & \alpha''_1 &= y_{ов} - \beta''\bar{x}; \\ \alpha'_2 &= y_{он} - \beta'\bar{x}; & \alpha''_2 &= y_{ов} - \beta'\bar{x}.\end{aligned}$$

На рисунку 3.5 зображено довірчу область, яка побудована з врахуванням значень коефіцієнтів α'_1 , α''_1 , α'_2 , α''_2 , β' , β'' . Область обмежена прямими:

$$1 - y = \alpha''_1 + \beta''x, \quad 2 - y = \alpha'_2 + \beta'x, \quad 3 - y = \alpha''_2 + \beta'x, \quad 4 - y = \alpha'_1 + \beta''x.$$

У цій області $(1 - p^2)$ знаходиться лінія істинної регресії. Дисперсія середнього y_0 в n разів менша за середньозважену дисперсію всіх окремих спостережень. Межі довірчого інтервалу для істинного середнього значення параметра y визначаються наступним чином:

$$y_{он} = y_0 - \frac{Sy}{\sqrt{n}} t_{1-p/2}; \quad y_{ов} = y_0 + \frac{Sy}{\sqrt{n}} t_{1-p/2}. \quad (3.19)$$

де $t_{(1-p/2)}$ — числова характеристика випадкових величин t -розподілення (розподіл Стюдента).

Іншим прикладом, при $p = 0,05$ довірна вірогідність $1-p=0,95$. Таким чином при значенні $n = 5$ отримаємо $t_{1-p/2} = 2,78$; $n = 10$ маємо $t_{1-p/2} = 2,26$, при значенні $n \rightarrow \infty$ розподіл Стюдента наближається до нормального розподілу. При достатньо великій кількості спостережень цей розподіл можна вважати практично нормальним. Розподіл Стюдента дає змогу визначати довірчі інтервали навіть за умови невеликої кількості експериментів.

Границі довірчого інтервалу (β' , β'') при заданому коефіцієнті регресії β

.

$$\beta' = \beta - t_{1-p/2} \frac{Sy\sqrt{1-r}}{Sx\sqrt{n-2}}; \quad \beta'' = \beta + t_{1-p/2} \frac{Sy\sqrt{1-r}}{Sx\sqrt{n-2}}. \quad (3.20)$$

При заданих величинах $y_{он}$, $y_{ов}$, β' , β'' визначають величину вибраних коефіцієнтів α :

$$\begin{aligned}\alpha'_1 &= y_{он} - \beta''\bar{x}; & \alpha''_1 &= y_{ов} - \beta''\bar{x}; \\ \alpha'_2 &= y_{он} - \beta'\bar{x}; & \alpha''_2 &= y_{ов} - \beta'\bar{x}.\end{aligned}$$

На рисунку зображено довірчий інтервал, побудований з урахуванням розрахованих значень коефіцієнтів. α_1' , α_1'' , α_2' , α_2'' , β' , β'' . Інтервал обмежено прямими:

$$1-y = \alpha_1'' + \beta''x, \quad 2-y = \alpha_2' + \beta'x, \quad 3-y = \alpha_2'' + \beta'x, \quad 4-y = \alpha_1' + \beta''x.$$

Дані для розрахунку наведено на рисунку 2.9. Інформація про виготовлену продукцію та спожиту електроенергію на рисунку 2.10.

r=	0,8156	y=a+bx		
x0=	149,66	41454,8		
y0=	41377,10	41154,3	Yon=	40749,61
Sx=	19,26	42979,2	Yob=	42004,58
Sy=	1545,88	41476,4	B`=	51,011
B	65,48	40574,1	B``=	79,947
A	31577,29	39006,6	xser=	149,7
		45040,5	a1`=	28784,4
		42034,3	a2`=	33115,2
		41454,8	a1``=	30039,4
		43902,4	a2``=	34370,1
		41862,8		
		39393,5		
		41540,6		
		41454,8		
		42227,5		
		40659,9		
		40252,0		
		39608,3		
		41562,2		
		41218,4		
		40767,3		
		41454,8		
		40917,9		
		41540,6		
		39801,5		
		41626,4		
		40123,6		
		42742,8		
		42678,6		
		40767,3		
		41411,6		

Рисунок 2.9 – Дані для розрахунку

Економія/перевитрати	%		Для графіка перевитрат		Для графіка економії	
1438,1	3,6	Економія	0,0	0,0	1438,1	41454,8
1993,0	5,1	Економія	0,0	0,0	1993,0	41154,3
2515,7	6,2	Економія	0,0	0,0	2515,7	42979,2
1438,6	3,6	Економія	0,0	0,0	1438,6	41476,4
-521,4	1,3	Перевитрати	521,4	40574,1	0,0	0,0
-2240,7	5,4	Перевитрати	2240,7	39006,6	0,0	0,0
3468,7	8,3	Економія	0,0	0,0	3468,7	45040,5
-902,8	2,1	Перевитрати	902,8	42034,3	0,0	0,0
296,0	0,7	Економія	0,0	0,0	296,0	41454,8
1749,1	4,1	Економія	0,0	0,0	1749,1	43902,4
-2620,9	5,9	Перевитрати	2620,9	41862,8	0,0	0,0
-3231,7	7,6	Перевитрати	3231,7	39393,5	0,0	0,0
-5,9	0,0	Перевитрати	5,9	41540,6	0,0	0,0
1581,3	4,0	Економія	0,0	0,0	1581,3	41454,8
2252,9	5,6	Економія	0,0	0,0	2252,9	42227,5
-3798,5	8,5	Перевитрати	3798,5	40659,9	0,0	0,0
821,0	2,1	Економія	0,0	0,0	821,0	40252,0
598,7	1,5	Економія	0,0	0,0	598,7	39608,3
-372,0	0,9	Перевитрати	372,0	41562,2	0,0	0,0
607,5	1,5	Економія	0,0	0,0	607,5	41218,4
855,9	2,1	Економія	0,0	0,0	855,9	40767,3
-862,8	2,0	Перевитрати	862,8	41454,8	0,0	0,0
-2023,4	4,7	Перевитрати	2023,4	40917,9	0,0	0,0
19,4	0,0	Економія	0,0	0,0	19,4	41540,6
-4071,2	9,3	Перевитрати	4071,2	39801,5	0,0	0,0
2085,8	5,3	Економія	0,0	0,0	2085,8	41626,4
-4132,5	9,3	Перевитрати	4132,5	40123,6	0,0	0,0
1592,5	3,9	Економія	0,0	0,0	1592,5	42742,8
1924,4	4,7	Економія	0,0	0,0	1924,4	42678,6
-568,5	1,4	Перевитрати	568,5	40767,3	0,0	0,0
113,8	0,3	Економія	0,0	0,0	113,8	41411,6

Рисунок 2.10 – Інформація про виготовлену продукцію та спожиту електроенергію

Інформація про перевитрати та економію на підприємстві на рисунку 2.11. Результат розрахунку довірчих інтервалів на рисунку 2.12, Регресії довірчих інтервалів на рисунку 2.13.

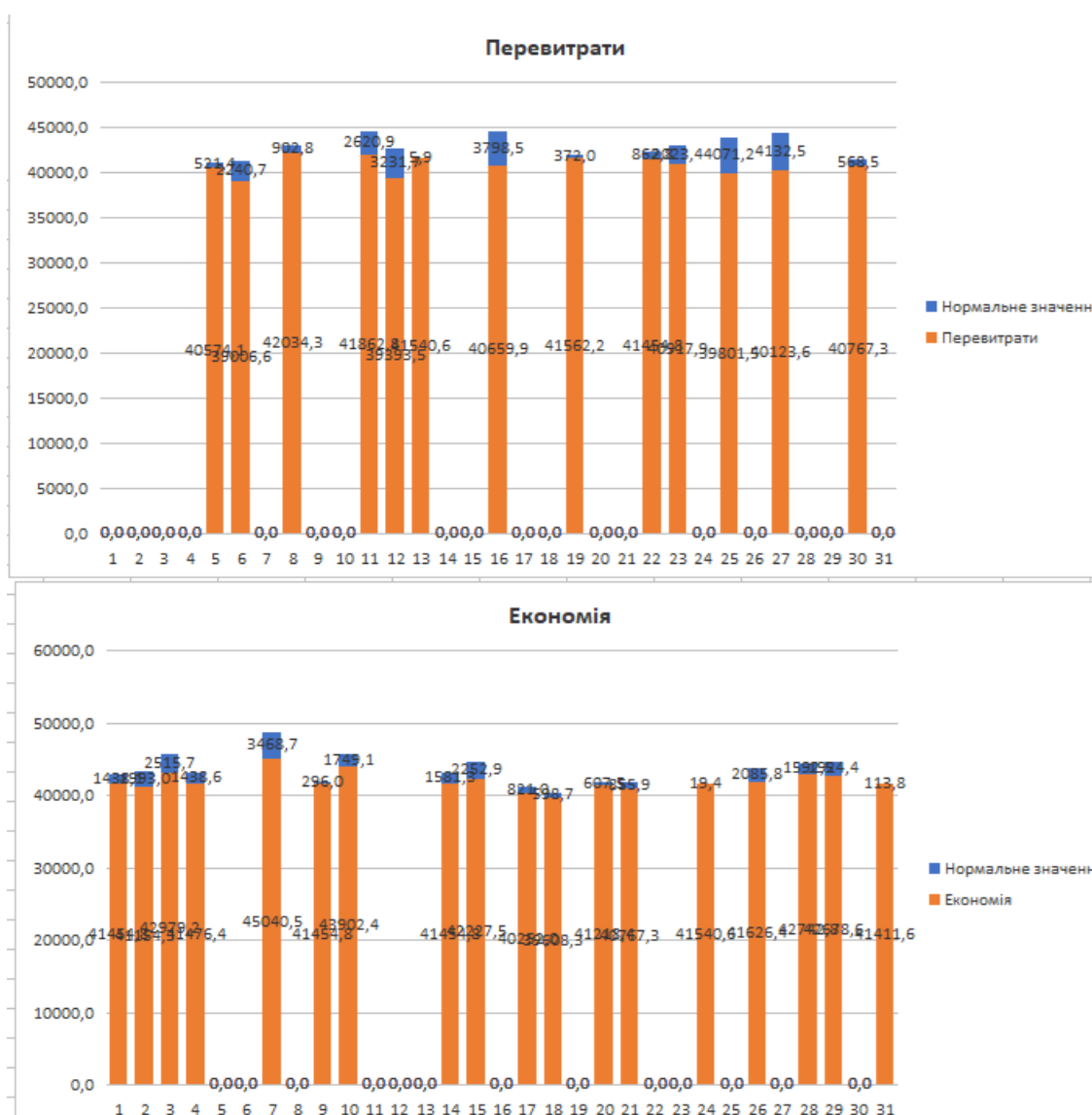


Рисунок 2.11 – Інформація про перевитрати та економію на підприємстві

	Довірчий інтервал					
	лінія 1	лінія 2	лінія 3	лінія 4		
1	42099,5	40810,2	0,0	0,0	150,85	0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0
3	43960,7	41997,7	0,0	0,0	174,13	0
4	42125,9	40827,0	0,0	0,0	151,18	0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0
6	0,0	0,0	40459,3	38327,8	0	119,37
7	42099,5	40810,2	0,0	0,0	150,85	0
8	43042,9	41412,1	41128,1	39375,9	162,65	132,48
9	0,0	0,0	40626,6	38590,0	0	122,65
10	42230,6	40893,8	41529,5	40005,1	152,49	140,35
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0
12	0,0	0,0	41646,8	40188,9	0	142,65
13	43672,1	41813,6	0,0	0,0	170,52	0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0
15			41028,1	39219,2		130,52
16			0,0	0,0		0
17			0,0	0,0		0

Рисунок 2.12 – Результат розрахунку довірчих інтервалів

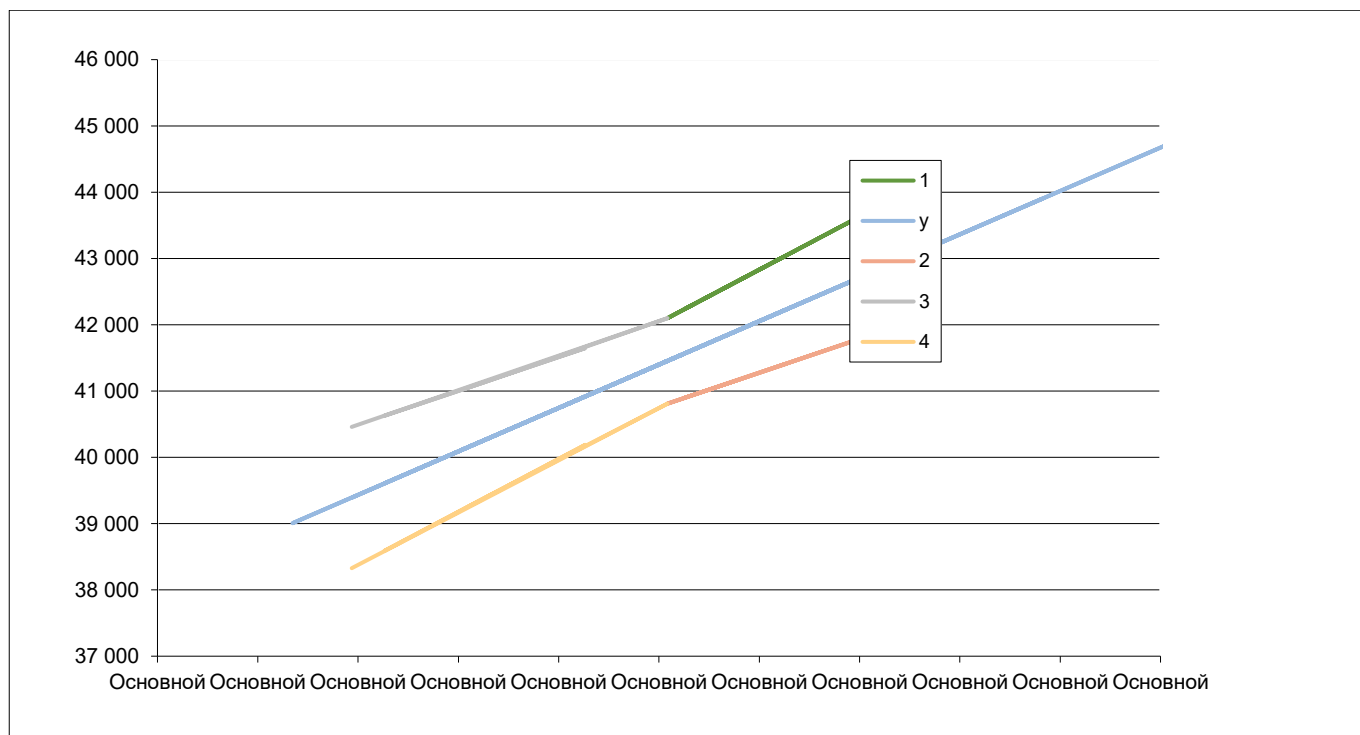


Рисунок 2.13 – Регресії довірчих інтервалів

Кумулятивна сума – це сума всіх значень, що були зібрані або накопичені до конкретного моменту часу. Тобто, на кожному етапі до попереднього значення кумулятивної суми додається нове значення для подальшого накопичення. Зобразимо на рисунку 2.14.

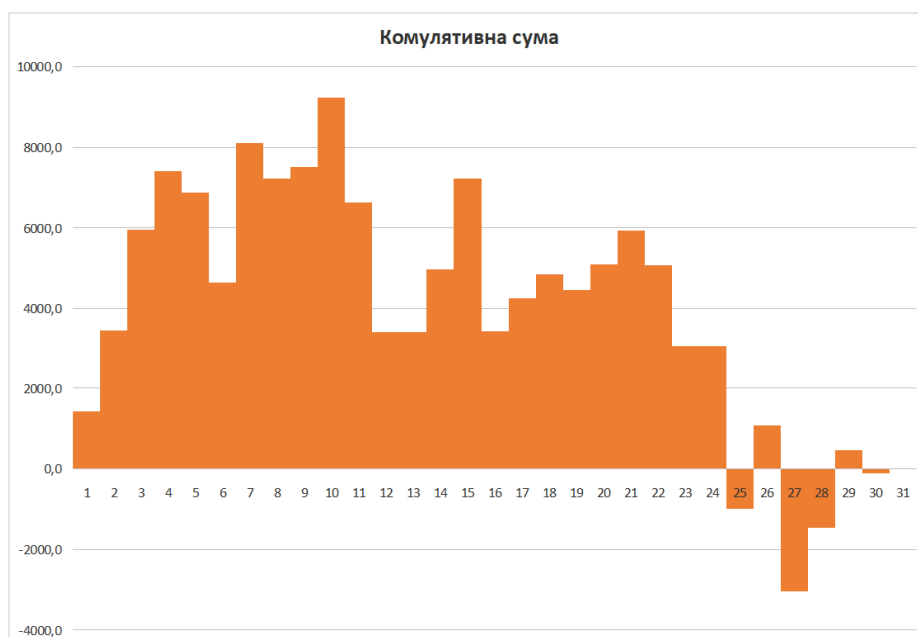


Рисунок 2.14 – Кумулятивна сума

2.7 Висновок до розділу 2

Цей розділ присвячений аналізу заходів енергоменеджменту на підприємстві. Запропоновано систему енергоменеджменту для моніторингу параметрів енергоефективності. Зокрема, розроблено правила енергоменеджменту для котельні ТОВ ДП «БМЗ», представлено виробничу та організаційну структуру підприємства, а також функціональну схему системи енергоменеджменту. Створено центр обліку електроенергії та продемонстровано економічний ефект від впровадження ЦОЕ в котельні. Виявилось, що відносно невелика кількість ЦОЕ може контролювати значну частину споживаної енергії, що дає змогу компанії проводити аналіз та підвищувати свою енергоефективність.

У цьому розділі також виконано математичний аналіз електроспоживання підприємства. Було розраховано параметри досліджуваних чинників, побудовано прогнози споживання ПЕР і визначено регресійну залежність споживання електричної енергії. Розрахунок енергоспоживання підприємства за робочий місяць показує, що підприємство має низькі енергетичні показники через наявність перевитрат, які перевищують економію.

3 КОМПЕНСАЦІЯ СПОЖИВАНОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ШЛЯХОМ ВСТАНОВЛЕННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

3.1 Види відновлювальних джерел енергії (ВДЕ): характеристика та принцип дії

Відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) – це ресурси, які використовують природні процеси для генерування енергії. Вони є невичерпними або здатними до швидкого відновлення, що робить їх важливим компонентом у стратегіях сталого розвитку. Основні види ВДЕ мають свої унікальні характеристики та механізми роботи.

1. Сонячна енергія

Сонячна енергія — це енергія, отримана від сонячного випромінювання. Вона використовується за допомогою технологій перетворення світла або тепла, таких як фотоелектричні панелі та сонячні колектори.

Фотоелектричні системи перетворюють сонячне світло на електричну енергію завдяки напівпровідниковим матеріалам (найчастіше кремнію).

Сонячні колектори використовують тепло від сонця для нагріву рідин або повітря, які застосовуються для опалення або гарячого водопостачання.

2. Вітрова енергія

Вітрова енергія базується на кінетичній енергії повітряних потоків. Її виробництво залежить від географічних і кліматичних умов, зокрема швидкості та постійності вітру.

Вітряки (вітрові турбіни) перетворюють рух повітря в механічну енергію, яка потім перетворюється на електричну за допомогою генераторів. Турбіни можуть бути горизонтального або вертикального типу залежно від конструкції.

3. Гідроенергія

Гідроенергія використовує потенційну або кінетичну енергію водних потоків. Це один із найбільш стабільних і передбачуваних видів ВДЕ, широко застосовуваний у масштабних енергетичних системах.

Гідроелектростанції (ГЕС) використовують перепад висот води, щоб обертати турбіни. Турбіни приводять в дію генератори, які виробляють електроенергію. Крім того, малі ГЕС можуть використовувати поточну енергію річок без значних інфраструктурних змін.

4. Біоенергія

Біоенергія отримується шляхом переробки біомаси, що включає рослинні залишки, відходи сільського господарства, органічні відходи тощо. Це джерело може забезпечити енергію у вигляді тепла, електрики чи палива.

Біомасу спалюють або перетворюють хімічними чи біологічними процесами (ферментація, піроліз) для отримання енергії.

Утворений біогаз використовується в турбінах чи котлах для виробництва тепла й електрики.

Найбільш доступним і поширеним видом відновлювальних джерел енергії в нашому регіоні є сонячні електростанції. Вони ефективно забезпечують електроенергією кінцевого споживача, компенсуючи його споживання, або можуть використовуватися для продажу виробленої електроенергії.

Основною метою підприємства було досягти часткової компенсації власного споживання електроенергії з мінімальними фінансовими витратами. Для цього запропоновано побудувати мережеву сонячну електростанцію потужністю 400 кіловат, яка за часів пікового навантаження здатна покрити потреби електро-ремонтного цеху. А також розрахувати джерело безперебійного живлення для встановлення на Адміністративному приміщенні задля безперебійного забезпечення електроенергією адміністративний персонал підприємства.

Одним із ключових завдань у процесі залучення фінансування для цього проєкту є розрахунок орієнтовної окупності сонячної електростанції. Це включає демонстрацію щорічного фінансового ефекту, що дозволить оцінити рентабельність проєкту та спланувати майбутні інвестиції в розвиток сонячної енергетики, спрямовані на подальше скорочення витрат.

3.2. Вибір оптимального обладнання для підприємства

Підбір обладнання для сонячної електростанції є одним із ключових етапів проектування, що впливає на ефективність, надійність і вартість системи. Правильний вибір компонентів забезпечує максимальну продуктивність станції та її економічну доцільність. Основні елементи сонячної електростанції включають сонячні панелі, інвертори, системи кріплення, кабелі, контролери та інші елементи.

Фотоелектричний модуль — це пристрій для генерації електроенергії, який складається з фотоелектричних сонячних елементів (solar cells), об'єднаних як конструктивно, так і електрично. Сонячні панелі поділяються на кілька типів: монокристалічні, які характеризуються високою ефективністю та компактністю; полікристалічні, що є більш доступними за ціною; та тонкоплівкові, які використовуються для специфічних застосувань. Потужність панелей обирається залежно від потреб станції, при цьому для промислових об'єктів зазвичай використовують панелі потужністю 480–600 Вт. Ефективність сучасних панелей коливається в межах 18–22%, а надійність та гарантії варто оцінювати на основі пропозицій виробників, які зазвичай надають гарантії на термін від 10 до 25 років.

Для нашої електростанції обрано фотомодуль LONGI LR7-72HGD-600M, який має відмінні характеристики, зокрема розміри 2382x1134x30 мм, 144 фотоелементи, ККД 22,2%, номінальну потужність 600 Вт, а також високі показники напруги та струму. Виготовлений в Китаї, цей модуль здатний працювати при максимальній напрузі системи до 1500 В. Завдяки своїм

технічним характеристикам та наявності в списку TIER 1 фотомодулів, він вважається одним із найкращих варіантів для сонячних станцій, має тривалий термін служби та високу якість. Окрім того, модуль використовує кремнієвий фотоелемент з тильного боку, що забезпечує його більшу ефективність за технологією bifacial. Обране устаткування зображено на рисунку 3.1.

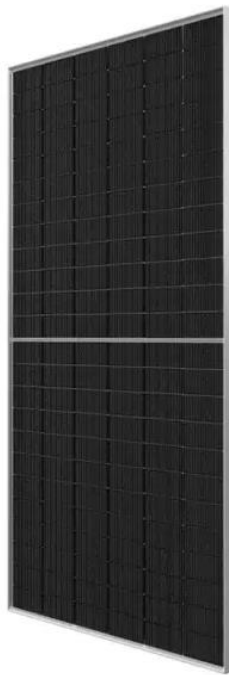


Рисунок. 3.1 – Обраний фотоелектричний модуль (LONGI LR7-72HGD-600M)

Фотомодулі обираємо в кількості 680 шт. та розподіляємо їх по 170 шт на кожен інвертор.

Інвертор перетворює постійний струм (DC), вироблений сонячними панелями, у змінний струм (AC), який використовують для живлення електроприладів або подачі в загальну мережу. При виборі інвертора важливими критеріями є його тип: мережеві інвертори використовуються для станцій, підключених до електромережі, гібридні — для систем з акумуляторами і мережею, а автономні — для власного споживання. Потужність інвертора повинна відповідати загальній потужності сонячних панелей, а кількість MPPT трекерів оптимізує роботу панелей за різних рівнів освітленості, також варто звертати увагу на допустимі струми на трекер та поріг по напрузі на трекер. Для нашої системи обрано 4 мережевих інвертора Huawei SUN2000-100KTL-M2 (100

кВт, 3 фази, 10 MPPT), оскільки вони зручні в експлуатації, забезпечують можливість паралельної роботи, мають функцію віддаленого моніторингу та налаштування і можуть синхронізуватися з генераторами через систему ENCOMBI. Обране устаткування зображено на рисунку 3.2.



Рисунок. 3.2 – Обраний інвертор (Huawei SUN2000-100KTL-M2)

Оскільки система оснащена 10 MPPT трекерами, можемо розподілити 170 фотомодулів по 17 штук на кожен трекер, що дозволяє мінімізувати вплив затінення на трекери та забезпечити максимальний рівень вироблення електроенергії. При послідовному з'єднанні номінальний струм стрингу буде рівний струму одного фотомодуля, а номінальна напруга — добутку напруги холостого ходу фотомодуля, помноженої на температурний коефіцієнт 1,1 та на кількість фотомодулів у стрингу.

Струм системи (стандарт STC):

$$I_c = 13,68 \text{ (A)};$$

Напруга системи (стандарт STC):

$$U_c = U_{xx} \cdot 1,1 \cdot 17 = 52,22 \cdot 1,1 \cdot 17 = 976,51 \text{ (В)}.$$

Максимальна напруга, з якою може працювати трекер, становить 1000 В, а максимальний струм 20 А на стринг, та 40 А на трекер тому розрахунки, та обране обладнання є коректними.

Інвертори розташуємо в підсобному приміщенні електро-ремонтного цеху, яке є досить великим, з помірною температурою взимку, і найважливіше розташовується через стіну від РП-0,4 кВ цього цеху.

Системи кріплення забезпечують надійну фіксацію сонячних панелей на дахах, фасадах або землі, і їх вибір залежить від низки критеріїв. Матеріал, як-от алюміній або сталь, має бути стійким до корозії, тип конструкції підбирається відповідно до місця встановлення (дахові, наземні, похилі або трекерні системи), а аеродинамічні характеристики враховуються для забезпечення стійкості в зонах із сильними вітрами.

Для встановлення на землі оберемо каркас Domino V3-57 XL комплект кріплень 57 ФЕМ з 24 точками кріплення, по 3 каркаси на кожен інвертор який розташовуватиметься на земельній ділянці. Обраний каркас зображено на рисунку 3.3. та рисунку 3.4.



Рисунок. 3.3 – Обраний наземний каркас Domino V3-57 XL

Для встановлення на даху оберемо так званий баластний каркас який представляє собою зібраний під кутом 20-25 градусів профіль, прикручений до бетонних блоків, які, в свою чергу розташовані на гумових килимах для кращого зчеплення з поверхнею даху, в нашому випадку, бітумний дах електро-

ремонтного цеху та котельні де цілком можемо розмістити близько 100 кВт фотомодулів зайнявши корисну площу даху цих цехів.

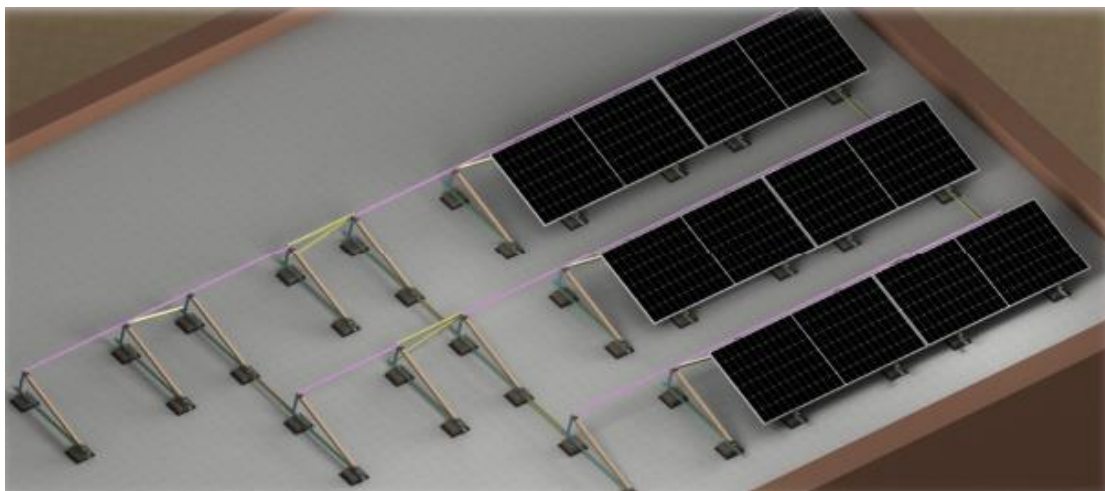


Рисунок. 3.4 – Обраний даховий баластний каркас Ant RBS.A1

Кабелі та роз'єми забезпечують передачу електроенергії від сонячних панелей до інвертора та іншого обладнання, і їх вибір базується на кількох критеріях. Перетин кабелю визначається струмом і перерізом (зазвичай 6 мм²), матеріалом є, як правило мідь із термостійкою ізоляцією, а сертифіковані кабелі повинні бути стійкими до ультрафіолетового випромінювання, вологи та перепадів температур для забезпечення надійної роботи системи. Для комутації фотомодулів як правило використовують кабель червоного та чорного кольору, в двох ізоляціях та лудженною міддю, цей кабель може витримувати до 1000 В постійного струму, а для з'єднання з фотомодулями або 2-х відрізків сонячного кабелю використовуються спеціальні конектори, так звані MC-4 конектор який має спеціальну застібку завдяки якій з'єднання є герметичним та дуже міцним.



Рисунок. 3.5 – Обраний кабель KBE Solar з роз'ємами MC-4

Системи моніторингу забезпечують контроль за роботою сонячної електростанції в реальному часі, дозволяючи ефективно оцінювати її продуктивність. Вибір системи базується на таких критеріях, як доступ через інтернет або мобільний додаток, інтеграція з інвертором для спрощеного управління та можливість збереження статистики виробітку електроенергії для аналізу ефективності роботи станції.

Обрана система моніторингу дозволяє дистанційно відстежувати стан роботи обладнання, проводити періодичний технічний огляд і оперативно реагувати у разі виникнення проблем. Крім того, вона відображає дані про вироблену електроенергію, зароблені кошти, а також надає доступ до статистики роботи станції за попередні дні. У нашому випадку використовується реєстратор даних Huawei Smart Logger 3000a з PLC, який підтримує підключення до мережі навіть через звичайну SIM-карту з 4G-інтернетом. Його фото зображено на рисунку 3.6.



Рисунок. 3.6 – Обраний реєстратор даних Huawei Smart Logger 3000a с PLC

Цей реєстратор використовується в тандемі з лічильником Huawei CHiNT DTSU666 Smart Meter, який також дозволяє обмежувати генерацію інверторів у мережу, запобігаючи нарахуванню штрафів за несанкціоновану генерацію. Ці лічильники бувають прямоочними або трансформаторного ввімкнення; у

нашому випадку будуть використовуватися лічильники трансформаторного ввімкнення разом із вимірювальними трансформаторами струму 800/5 від компанії «Новатек-Електро». Які встановлюються на ввідному кабелі ВРЩ. Лічильник та трансформатори струму зображено на рисунку 3.7.



Рисунок. 3.7 – Обраний лічильник CHiNT DTSU666 Smart Meter з TC 800/5

Захисне обладнання забезпечує безпеку роботи системи, захищаючи її від перенапруги, коротких замикань та інших аварійних ситуацій. Основними критеріями є встановлення автоматичних вимикачів і запобіжників, облаштування систем заземлення та захисту від блискавок. До складу обладнання також входять силовий кабель 0,4 кВ та інші необхідні витратні матеріали.

Для захисту інверторного обладнання по стороні змінного струму вибрано промисловий автоматичний вимикач EB2S 160/3LF 160A 3р який захищає від струмів короткого замикання та перевантажень, а також обмежувач перенапруги ETITEC C T2 275/20 4+0 для захисту від імпульсних перенапруг. Незважаючи на те, що подібний захист дублюється в самому інверторі, значно простіше замінити плавку вставку ПЗППа або автоматичний вимикач, ніж ремонтувати інвертор. Для захисту на постійному струмі передбачено встановлення 17 роз'єднувачів запобіжників EFD 10 2р, що відповідає кількості стрингів, і 17 обмежувачів перенапруги ETITEC M T2 PV 1100/20 Y, розрахованих на напругу 1100 В. Усе обладнання розміщуватиметься в ударостійкій шафі з АБС-пластику e.plbox.600.800.260.blank виробника E.NEXT із класом захисту IP65. Для

заживлення інверторів використовуватиметься кабель АВВГ 4х70, який при прокладанні в ґрунті витримує струм до 165 А. Додатково передбачено використання витратних матеріалів, таких як наконечники, гофровані труби з підвищеною механічною міцністю для підземного монтажу, ультрафіолетостійкі гофротруби для сонячних кабелів, а також обойми для закріплення кабелів.

Під час проектування та вибору обладнання було прийнято рішення забезпечити джерелом безперебійного живлення не лише адміністрацію, але й прохідну, де розташований пост охорони. Для цього було обрано відповідне інверторне та акумуляторне обладнання. Гібридний інвертор DEYE SUN-15K-SG05LP3-EU-SM2 (15 кВт, 48 В, 2 MPPT, Wi-Fi, трифазний, 220/380 В) став оптимальним вибором завдяки своїй популярності, простоті в експлуатації та зрозумілому інтерфейсу навіть для новачків. Для нього підібрано чотири акумуляторні батареї DEYE SE-G5.1 Pro-B LiFePO4 LV (51,2 В, 100 А·год, 5,12 кВт·год), які мають високий ресурс циклів заряду-розряду та підтримують віддалене оновлення прошивки через спеціальний застосунок. У разі оснащення прохідної кількість акумуляторів залишиться незмінною, але інвертор буде замінено на DEYE 10kW with Wi-Fi (230 В, трифазний, CE, VDE), оскільки пікове споживання прохідної становить 10 кВт, що аналогічно навантаженню адміністрації в 15 кВт. Таке обладнання повністю покриває потреби обох об'єктів.

3.3 Проектування схем розміщення та електричних підключень сонячної електростанції

Для реалізації проекту буде створено план заводу із зазначенням розташування фотомодулів на виділеній території. Замовник надав ділянку за електроремонтним цехом, яка після очищення від дерев стане придатною для встановлення дев'яти фотоелектричних столів, а плоский дах з бітумного настилку використаємо для встановлення п'яти столів баластної системи. Схема розміщення модулів наведена на рисунку 3.8.

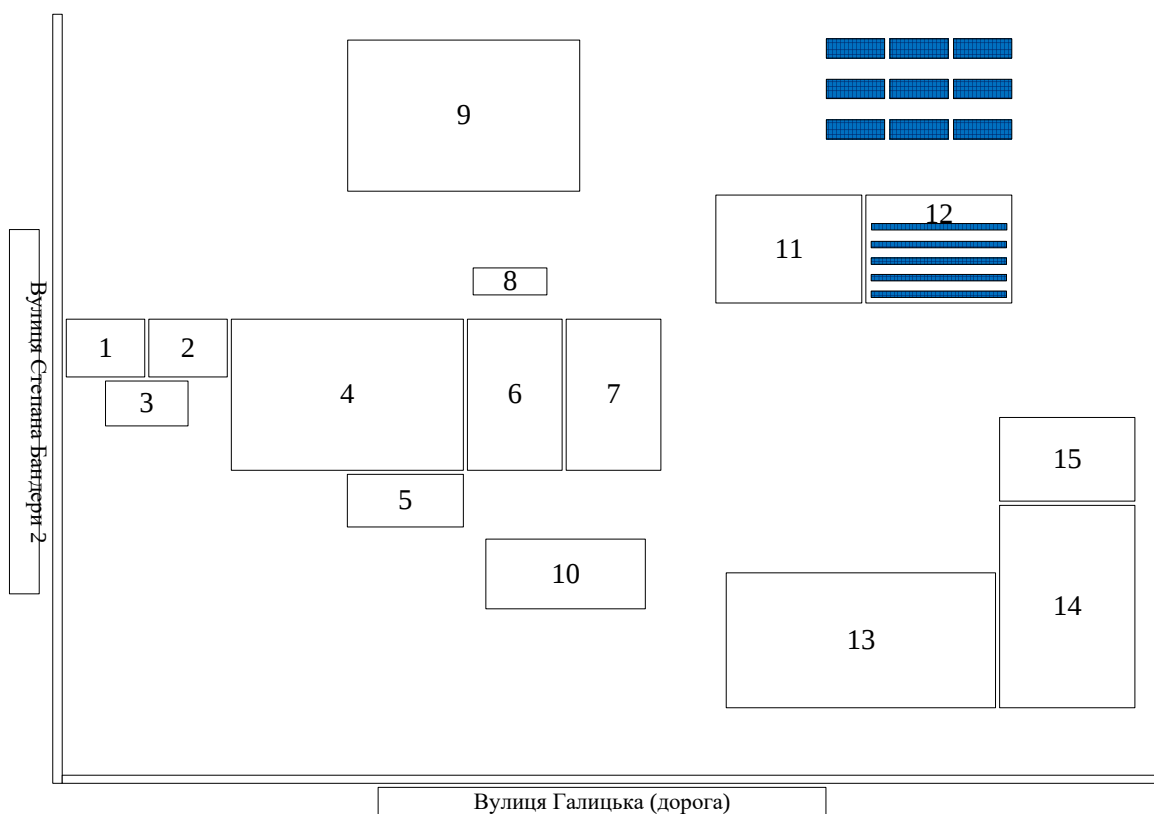
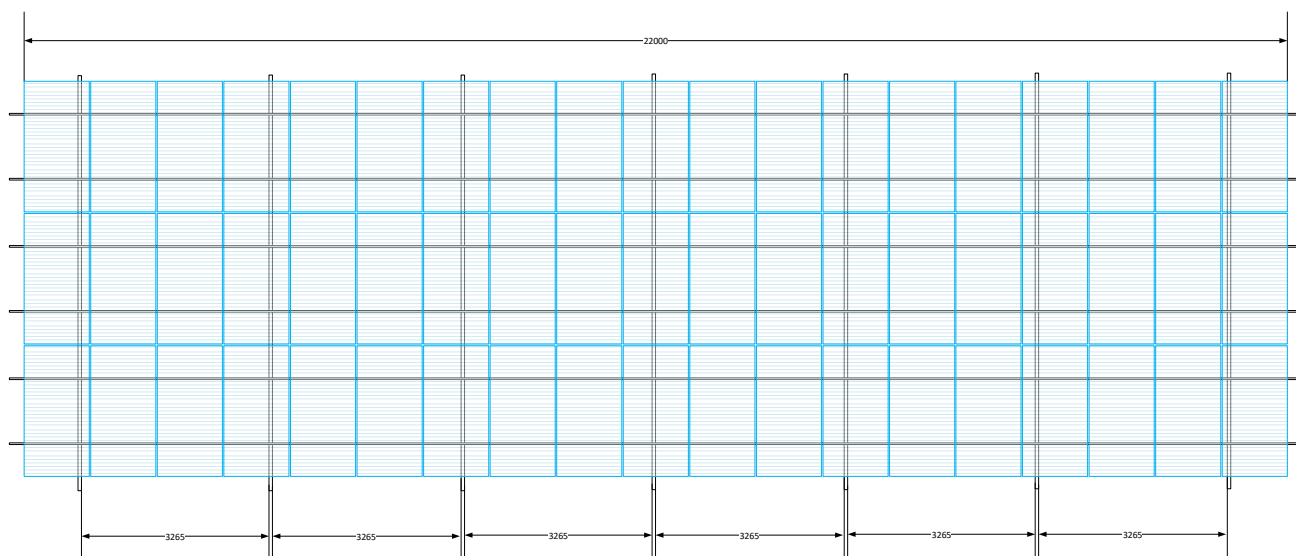


Рисунок. 3.8 – Схем розташування столів фотомодулів для заживлення Електро-ремонтного цеху

На рисунку 3.9 представлено схему столу для наземної конструкції. Конструкція передбачає закладні елементи, що встановлюються в землю та закріплюються цементною сумішшю або бетоном. Усі необхідні розміри профілю та отворів у ґрунті для заливання закладних наведені на схемі.



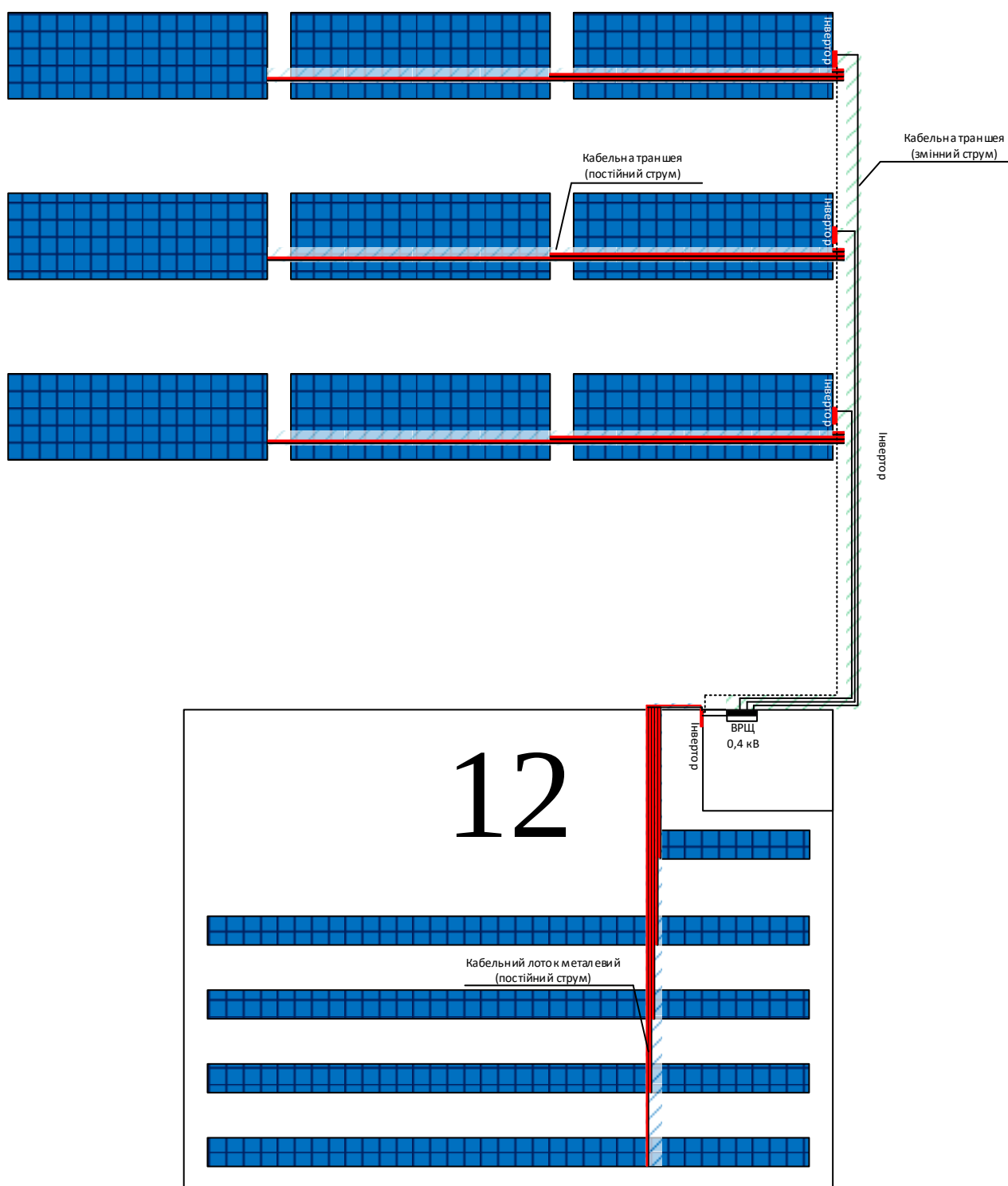


Рисунок. 3.19 – Схема розміщення кабельних комунікацій

Схема підключення фотомодулів передбачає 10 стрингів, кожен із яких складається з 17 фотомодулів, підключених до окремого трекера інвертора. Такий підхід забезпечує максимальну ефективність роботи системи. Схему підключення наведено на рисунку 3.11.

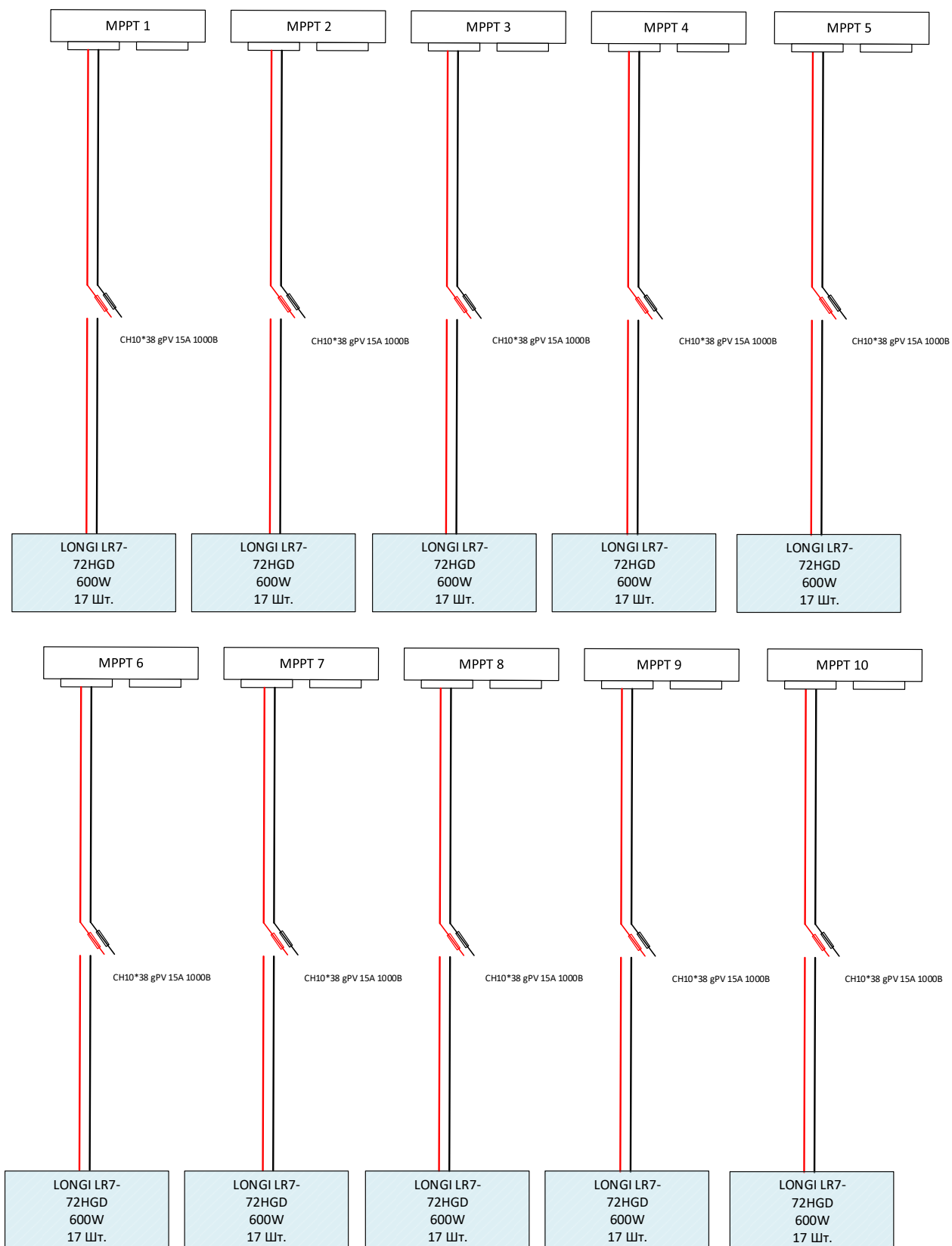


Рисунок. 3.11 – Схема комутації фотопанелей на інверторі

Баластний каркас буде розташований у 5 рядах, кожен з яких містить 34 фотомодулі.

Схема та зовнішній вигляд баластного каркасу представлені на рисунку 3.12.

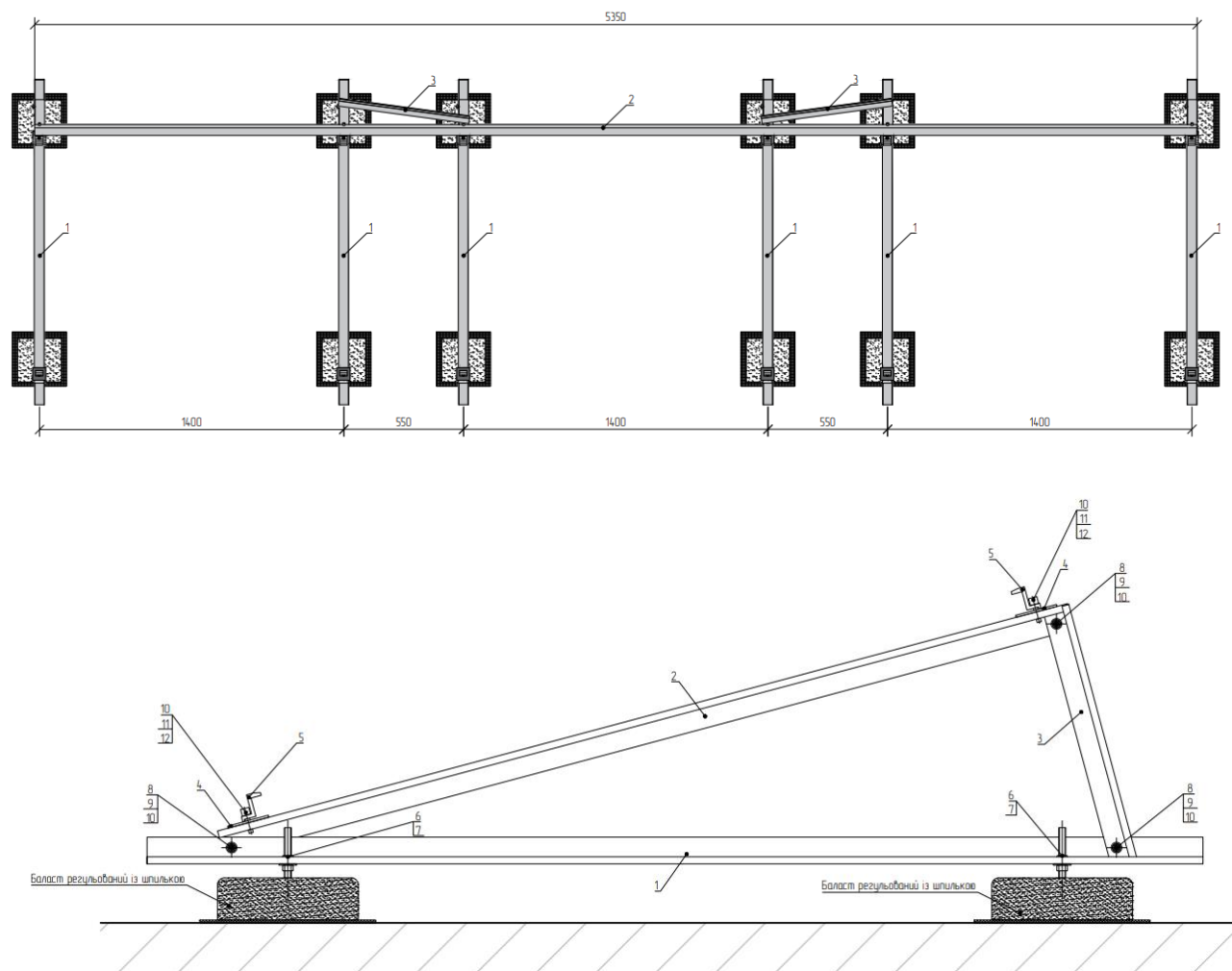


Рисунок. 3.12 – Схема розміщення баластного каркасу на даху

Однолінійна схема електропостачання є одним із ключових етапів проектування, оскільки враховує підключення всіх інверторів. На схемі 3.13 зображено підключення до існуючих ліній РП-1 та РП-2, а також інтеграцію інверторів у систему шляхом приєднання до системи збірних шин.

Схема також передбачає встановлення смартмітера на ввідних кабелях після цехового облікового лічильника, як було зазначено раніше на кабелі будуть розміщені шинні трансформатори струму.

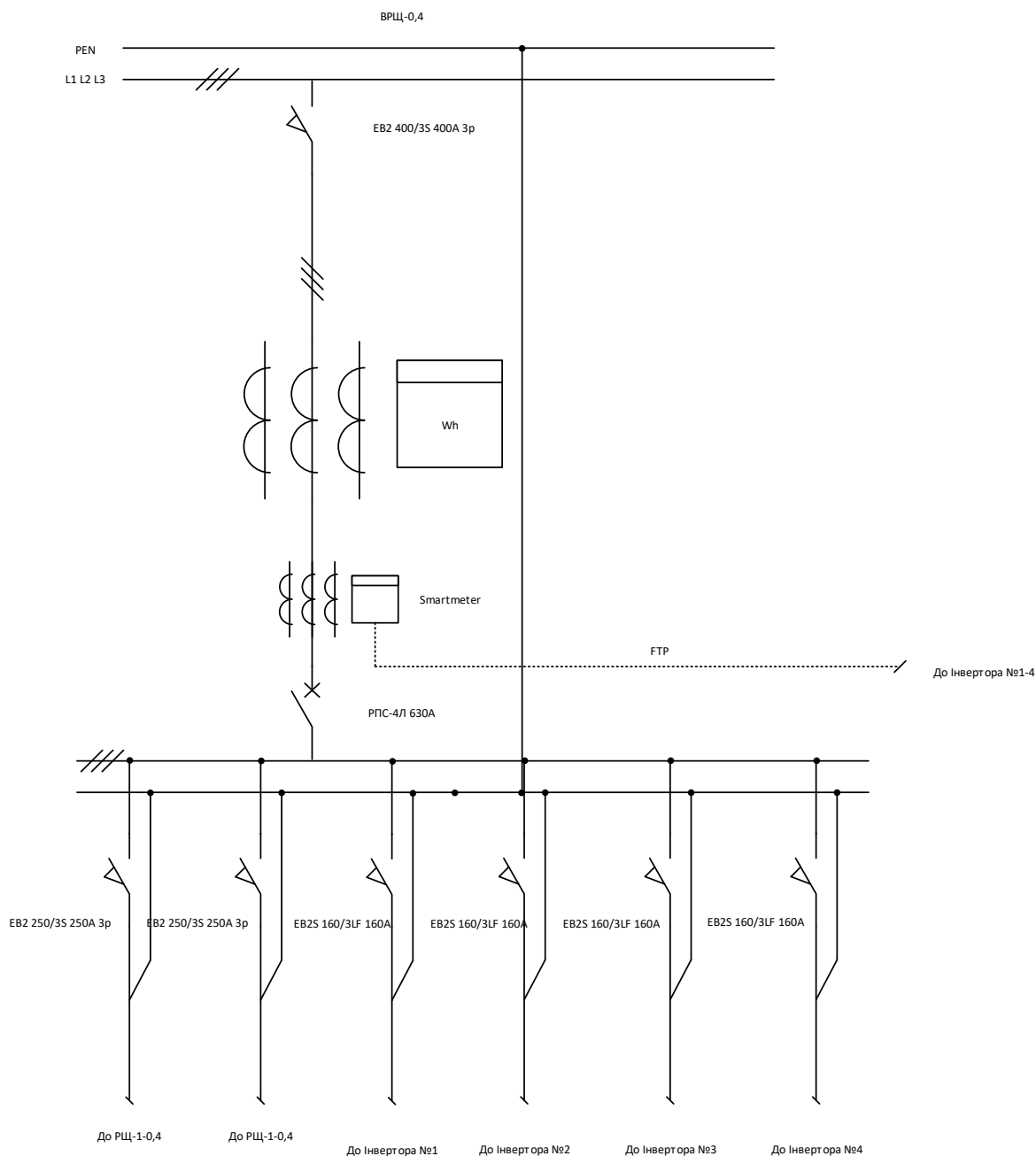


Рисунок. 3.13 – Однолінійна схема ВРЩ-0,4 кВ з врахуванням під'єднаних інверторів

Маючи готові креслення, можна переходити до етапу планування закупівлі обладнання та поступової реалізації проєкту.

Для забезпечення безперебійного живлення адміністративного корпусу та прохідної, було прийнято рішення встановити відповідні системи ДБЖ (джерел безперебійного живлення). Для адміністрації обрано гібридний інвертор DEYE SUN-15K-SG05LP3-EU-SM2 потужністю 15 кВт, до якого підключаються 4

аккумуляторні батареї DEYE SE-G5.1 Pro-B LiFePO₄ ємністю 5,12 кВт·год кожна. Для прохідної передбачено встановлення гібридного інвертора DEYE 10kW with Wi-Fi, також із використанням чотирьох аналогічних акумуляторних батарей. Це обладнання дозволяє забезпечити резервне живлення навіть у разі відсутності зовнішнього електропостачання, підтримуючи роботу охоронного пункту та адміністративних процесів.

Система ДБЖ підключається в розрив між ввідним автоматичним вимикачем і групою вимикачів, які розподіляють енергію на споживачів. Це дає змогу інвертору автоматично перемикатися на живлення від акумуляторів під час аварійного відключення зовнішнього джерела живлення. У звичайному режимі ДБЖ працює як буфер, заряджаючи батареї та підтримуючи їх готовність до роботи. Завдяки такому підключенню обладнання адміністрації та прохідної буде надійно захищено від перебоїв у електропостачанні, а завдяки гнучким налаштуванням інверторів є можливість віддаленого моніторингу та оптимізації роботи.

3.4 Математична модель розрахунку окупності сонячної електростанції

Метою розділу є оцінка економічної ефективності впровадження сонячних електростанцій. Розглядається розробка математичної моделі, що дозволяє врахувати основні економічні аспекти впровадження СЕС.

Модель орієнтована на визначення строків окупності сонячних електростанцій за різних умов: змін тарифів на електроенергію, рівня інсоляції, а також витрат на встановлення та обслуговування. Результати моделювання можуть бути використані підприємством для прогнозування витрат та окупності СЕС з можливістю подальшого розширення. Оскільки ДБЖ не виробляє електроенергію, розрахунок його окупності недоцільний, тому оцінка окупності буде проводитися лише для електроремонтного цеху.

Використовуючи форму в ПЗ Excel проведемо автоматичний розрахунок, попередньо задавши необхідні параметри.

Задавши необхідні величини в таблицю отримуємо розрахунок:

Таблиця 3.1. – Форма для розрахунку окупності

Виберіть область	Зелений тариф, грн	Зелений тариф, грн з податками	Тариф до 100 кВт*год, грн	Тариф >100 кВт*год, грн	Потужність СЕС, кВт-пік	Вартість СЕС, грн	Вартість СЕС, USD/кВт-пік	Курс USD-UAH (міжбанк)	Враховувати деградацію	Есплуатаційна деградація
Вінницька	0	0	11,8	11,8	408	8527200	500	41,8	Так	0,80%

Місяць	Генерація на місяць, кВт-год	Середня вартість ЕЕ, грн/кВт-год	Споживання, кВт-год (місячне)	Економія, грн	Сумарний дохід ЗТ, грн	Окупність з урахуванням споживання (вихід в 0)	1,51	Час, роки	З урахуванням споживання
Січень	14 226,96	11,800	138 337,00	€167 878,13	€0,00	ROI	€9,58		
Лютий	20 926,32	11,800	159 268,00	€246 930,58	€0,00	IRR	66%	2025	-€8 527 200,00
Березень	35 483,76	11,800	143 869,00	€418 708,37	€0,00			2026	-€2 889 272,58
Квітень	50 388,00	11,800	172 075,00	€594 578,40	€0,00			2027	€2 749 012,81
Травень	59 592,48	11,800	155 040,00	€703 191,26	€0,00			2028	€8 387 301,06
Червень	59 849,52	11,800	136 158,00	€706 224,34	€0,00			2029	€14 025 589,33
Липень	61 971,12	11,800	129 096,00	€731 259,22	€0,00			2030	€19 663 877,60
Серпень	59 661,84	11,800	105 171,00	€704 009,71	€0,00			2031	€25 302 165,87
Вересень	48 955,92	11,800	176 009,00	€577 679,86	€0,00			2032	€30 940 454,14
Жовтень	35 455,20	11,800	103 455,00	€418 371,36	€0,00			2033	€36 578 742,42
Листопад	17 429,76	11,800	103 993,00	€205 671,17	€0,00			2034	€42 217 030,69
Грудень	13 880,16	11,800	158 911,00	€163 785,89	€0,00			2035	€47 855 318,96
Середнє	39 818,42	11,800	140 115,17					2036	€53 493 607,23
Всього за рік	477 821,04	€0,00	1 681 382,00		€5 638 288,27			2037	€59 131 895,50
					€5 638 288,27			2038	€64 770 183,78
								2039	€70 408 472,05
								2040	€76 046 760,32
								2041	€81 685 048,59
								2042	€87 323 336,86

Генерація з кВт-пік.	
Січень	34,87
Лютий	51,29
Березень	86,97
Квітень	123,5
Травень	146,06
Червень	146,69
Липень	151,89
Серпень	146,23
Вересень	119,99
Жовтень	86,9
Листопад	42,72
Грудень	34,02
Середнє	97,59416667
Всього за рік	1171,13

Генерація однокіловатної сес на місяць з врахуванням погодних особливостей різних регіонів
<=====

*Тариф може змінюватись відповідно договору, відповідно тариф виділений синім кольором, в разі необхідності може бути змінений	11,8
--	------

Функція проаналізувала окупність сонячної електростанції та побудувала відповідні графіки. Розрахунок проводився за ідеальних умов, з припущенням про стабільне електропостачання, що може не відображати реальну ситуацію в умовах змінних факторів. Проте, ці дані дозволяють наочно побачити, які аспекти були враховані при оцінці окупності, що допомагає краще розуміти економічну ефективність проекту та можливі варіанти його реалізації в реальних умовах. Місячну генерацію та криву окупності зображено на рисунках 3.14 – 3.15.



Рисунок 3.14 – Місячна генерація електроенергії

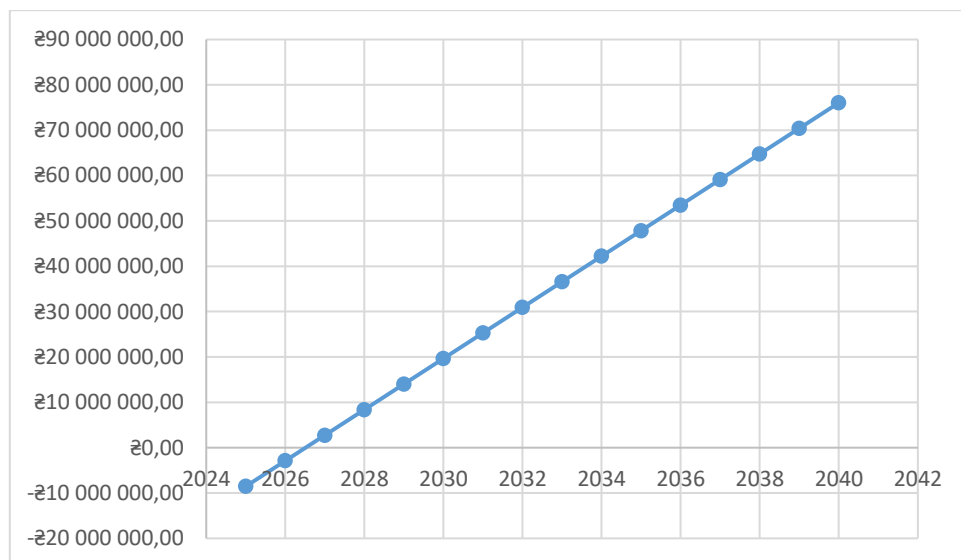


Рисунок. 3.15 – Крива окупності СЕС

Аналізуючи графіки, можна з упевненістю стверджувати, що встановлення сонячної електростанції є надзвичайно рентабельним рішенням, особливо в умовах постійного зростання тарифів на електроенергію, яке спостерігається майже щомісяця. Такий проект дозволяє значно зменшити витрати на енергоспоживання та забезпечити стабільність енергетичних затрат у майбутньому. Враховуючи потенційне зростання вартості електрики, інвестиції в сонячну енергетику можна розглядати як вигідну та перспективну альтернативу традиційним джерелам енергії, що з часом лише збільшуватимуть свою економічну ефективність.

3.5 Висновки до розділу 3

У розділі 3 було розроблено проект мережевої сонячної електростанції (СЕС), включаючи вибір відповідного обладнання для її ефективної роботи. Було здійснено детальний підбір інверторів, акумуляторних батарей, кабельних комунікацій та інших необхідних елементів, що дозволяють забезпечити максимальну продуктивність та надійність СЕС.

Також, в рамках проекту, було розроблено функцію для розрахунку окупності СЕС, яка враховує зміни тарифів на електроенергію, рівень генерації та витрати на установку і обслуговування системи. Ця функція дозволяє здійснити оцінку економічної ефективності проекту та визначити термін окупності інвестицій, що є важливим кроком для підприємства, яке прагне знизити енергетичні витрати.

Окремо в проекті було передбачено встановлення двох джерел безперебійного живлення (ДБЖ) для забезпечення стабільного енергопостачання адміністрації та прохідної. Це дозволяє гарантувати безперервну роботу систем на підприємстві в разі відключення основного живлення. Обидва ДБЖ вибрані з урахуванням їх технічних характеристик, що дозволяють задовольнити потреби в електроживленні на обох об'єктах.

Загалом, реалізація даного проекту сонячної електростанції та встановлення ДБЖ сприятиме значному зниженню витрат на електроенергію та забезпечить енергетичну автономність підприємства, а також підвищить надійність енергопостачання важливих об'єктів.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Суть техніко-економічного обґрунтування роботи полягає у проведенні попередніх техніко економічних розрахунків, які підтверджуються доцільність капіталовкладень в даний енергетичний об'єкт [22].

Доцільність реалізації проекту обґрунтовується:

- задоволення потреб суспільства продукцією підприємства;
- створення нових робочих місць та працевлаштуванням населення;
- надання необхідних послуг;
- прибутковістю;
- окупністю капіталовкладень, і т.д.

Вихідні дані для розрахунку:

- виручка від реалізації продукції $V = 220$ (млн. грн./рік);
- середньооблікова чисельність персоналу $Ч = 200$;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби $З_{\Pi}$, грн./рік;
- питома заробітна плата в собівартості продукції $d = 12\%$;
- первісна або балансова вартість основних фондів $\Phi = 52$ млн грн;
- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень: $E_H = 0,1$;
- нормований термін окупності, років: $T_{ок} = 10$.
- середньомісячна зарплата одного працівника $З = 8000$ грн./міс.

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$З_{\Pi} = 3 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 8000 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,096 \text{ (млн. грн./рік)}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$C = \frac{1,38 \cdot Ч \cdot З_{\Pi}}{d} = \frac{1,38 \cdot 180 \cdot 0,096}{0,12} = 198,72 \text{ (млн.грн./рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

(4.3)

$$\Pi = B - C = 220 - 198,72 = 21,28 \text{ (млн.грн./рік)},$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{\text{ор}} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{52}{21,28} = 2,44 \text{ (років)}, \quad (4.4)$$

$$T_{\text{ор}} < T_{\text{ок}} = 2,44 < 10 \text{ (років)},$$

Даний термін не перевищує нормативний, отже розрахунок системи електропостачання є прибутковим.

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства та вихідних даних у табл. 4.1, 4.2, необхідно виконати такі розрахунки:

1. Розрахувати величину капітальних вкладень в трансформаторні підстанції, кабельні лінії та високовольтні вимикачі.

2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.

3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат:

- витрат в мережах підприємства;

- витрат на заробітну плату;

- витрат на матеріали;

- амортизаційних витрат.

4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП-1	ТМ-630	2	947,42
ТП-2	ТМ-630	2	865,2

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, м	Марка кабелю	К-сть
С-ЗТП1	0,072	АСБЛ-10 3х70	2
С-ЗТП2	0,134	АСБЛ-10 3х70	2

Рекомендації до виконання:

1. Оплату за спожиту електроенергію розраховують по тарифам:
7,65 грн/кВт·год
2. Прийняти норму амортизації – 6%,
3. Нарахування:
 - в пенсійний фонд – 33,3%,
 - у фонд зайнятості – 1,5%,
 - на соціальне страхування – 1,5%.

4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та вартістю їх прокладання [22].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та вартістю їх прокладання [22].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

$$K_{\text{л}} = (K_{\text{пит}} \cdot n + K_{\text{прок}}) \cdot L, \quad (4.5)$$

де $K_{\text{пит}}$ – питома вартість на 1 км лінії, тис. грн./км;

$K_{\text{прок}}$ – питома вартість прокладання, тис. грн./км;

L – довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Капіталовкладення в спорудження лінії

Назва лінії	Марка кабелю	Кількість	Довжина, км	$K_{\text{пит}}$, тис.грн	$K_{\text{прок}}$, тис.грн	$K_{\text{л}}$, тис.грн
С-ЗТП1	АСБЛ-10 3х70	2	0,072	1073	53,65	158,705
С-ЗТП2	АСБЛ-10 3х70	2	0,134	1073	53,65	295,193
Разом						453,898

Капітальні вкладення для електричних підстанцій [22]:

(4.6)

$$K_{\text{ПС}} = \sum_{i=1}^1 K_{\text{ПС}i} + K_{\text{ПОСТ}},$$

де $K_{\text{ПС}i}$ – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн.;

$K_{\text{ПОСТ}}$ – постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов'язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

Назва	Тип т-ра	Кількість	Код, тис.грн	Кпост, тис.грн	Кпс, тис.грн
ТП-1	ТМ-630	2	1000	200	1200
Назва	Тип т-ра	Кількість	Код, тис.грн	Кпост, тис.грн	Кпс, тис.грн
ТП-2	ТМ-630	2	1000	200	1200
Разом					2400

Продовження табл. 4.4.

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до однолінійної схеми кількість вимикачів ВРС-10 кВ – 2 шт. Вартість вимикача 144 тис. грн.

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_{\text{В}} = 2 \cdot 144 = 288 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{\text{ПС}} = 2400 + 288 = 2688 \text{ (тис. грн.)} \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства:

$$K = 2688 + 453,898 = 3141,9 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.9)$$

4.3 Розрахунок поточних витрат

4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Планова трудомісткість визначається, люд.-год./рік:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.10)$$

де Π – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. [22];

h – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт.

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту електрообладнання та заносимо їх результати до табл.4.6.

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год./рік:

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.11)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год [22];

$K_{\text{ср}}$ – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс, $K_{\text{ср}} = 0,1$.

h – кількість обладнання в групі.

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування іншого електрообладнання та заносимо їх результати до табл.4.5.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю облад. рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудмісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудмісткість люд.год.
Вимикачі	2	0,5	32	32	10	2	40
ТП 630	4	0,25	80	80	10	6	240
ПЛ, км	0,413	0,5	10	2,064	1	24,8	10,219
Разом				114,06			290,21

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудо-місткість люд.год.	трудомісткість обслуговування люд.год.
Вимикачі	2	3	0,1	12	230,4	270,4
ТП 630	4	3	0,1	12	1152	1392
ПЛ, км	0,413	3	0,1	12	14,9	25,1
Разом					1397,3	1687,5

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{\text{обс}} = \frac{1687,5}{1900 \cdot 1,05} = 0,84$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{\text{обс}} = \frac{290,21}{1900 \cdot 1,05} = 0,15$$

Приймаємо за нормами ПУЕ [1] $H_{\text{тр}} = 2$ чол., $H_{\text{обс}} = 2$ чол.

4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_e = H_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d, \quad (4.14)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = \left(\frac{K_3 + K_4}{2} \right) \cdot C_I, \quad (4.15)$$

де K_3 , K_4 – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [22];

C_I – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_i = \frac{3_{\min} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.16)$$

$$C_I = 8000 \cdot \frac{1}{176} = 45,45 \text{ (грн./год.)}.$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{re} = \left(\frac{1,18 + 1,27}{2} \right) \cdot 45,45 = 55,7 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 3 \cdot 0,9 \cdot 55,7 \cdot 1900 = 285741 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

б) для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_p = T_{пр} \cdot t_{гр}, \quad (4.19)$$

$$t_{гр} = \left(\frac{K4 + K5}{2} \right) \cdot C_I, \quad (4.20)$$

де K4, K5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [22].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{гр} = \left(\frac{1,27 + 1,36}{2} \right) \cdot 45,45 = 59,77 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = 114,06 \cdot 59,77 = 6809,4 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + \alpha), \text{ (грн./рік)}, \quad (4.21)$$

де Φ – тарифний фонд Φ_e експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати Φ_p ремонтного персоналу, грн./рік;

0,01 - частка доплат за роботу у святкові дні;

0,05 - частка доплат за роботу в нічний час;

α – частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 285741 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,2) = 360033,66 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 6809,4 \cdot (1 + 0,05 + 0,01 + 0,25) = 8920,3 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн./рік:

$$\Phi_{\text{од}} = \Phi_o \cdot 1,15, \quad (4.24)$$

$$\Phi_{\text{оед}} = 360033,66 \cdot 1,15 = 414038,71 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{\text{орд}} = 8920,3 \cdot 1,15 = 10258,35 \text{ (грн./рік)}.$$

З метою утворення фонду соціального страхування здійснюються нарахування на заробітну плату. З цього фонду кошти витрачаються на виплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку працівників, оздоровчі заходи для дітей працівників та інше.

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ($C_{\text{зп}}$) розраховуються так, грн./рік:

$$C_{\text{зп}} = \Phi_{\text{об}} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{\text{п}} + \beta_{\text{з}} + \beta_{\text{с}}}{100} \right), \quad (4.25)$$

де $\beta_{\text{п}}$ - нарахування в пенсійний фонд, $\beta_{\text{п}} = 33\%$;

$\beta_{\text{з}}$ - нарахування у фонд зайнятості, $\beta_{\text{з}} = 1,5\%$;

$\beta_{\text{с}}$ - нарахування на соціальне страхування, $\beta_{\text{с}} = 1,5\%$.

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{\text{зпЕ}} = 414038,71 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 563092,64 \text{ (грн./рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{\text{зпР}} = 10258,35 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 13951,4 \text{ (грн./рік)}.$$

4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Вартість матеріалу	Грн
Трансформатори ТМ-630	220000
ПЛ	4127,00

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_M = 0,01 \cdot \left(\sum_{i=1}^n C_{0i} \cdot T_i + L \cdot C_{Л0} \right), \quad (4.26)$$

де C_{0i} – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування i -го виду трансформаторів,

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

$C_{Л0}$ – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, вартість матеріалів на ремонт: $C_{мпр} = 80085,16$

і вартість матеріалів на технічне обслуговування: $C_{мто} = 1393034,91$

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж, тис. грн/рік:

$$C_{обс} = C_{зпе} + C_{мто}, \quad (4.27)$$

$$C_{обс} = 563092,64 + 1393034,91 = 1956127,55 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{пр} = C_{зпр} + C_{мпр}, \quad (4.28)$$

$$C_{пр} = 13951,4 + 80085,16 = 94036,56 \text{ (грн/рік).}$$

4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.29)$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 3141900 = 188510 \text{ (грн/рік).}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

$$C_{ip} = \beta_{ip} (C_{обс} + C_{пр} + C_a); \quad (4.30)$$

де β_{ip} - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{ip} = 0,25 \cdot (1956127,55 + 94036,56 + 188510) = 559669,53 \text{ (грн/рік)}.$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в таблицю 4.8.

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустановки і мереж	1956127,55	69,9
Витрати на поточний ремонт	94036,56	3,36
Витрати на амортизацію	188510	6,74
Інші витрати	559669,53	20,00
Разом	2798347,63	100,00

4.4. Розрахунок собівартості електроенергії

4.4.1 Розрахунок річного споживання і втрат електроенергії. Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленної (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi}, = K_{п} \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.31)$$

де P_p – розрахункова потужність і-го цеху, кВт;

T_{mi} – річна тривалість використання максимуму активного навантаження i -ого цеху, год.;

K_p – коефіцієнт попиту.

Аналогічно визначаємо річні витрати активної електроенергії для інших цехів. Результати розрахунків заносимо в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	T_m , год.	$\cos \varphi$	P_p , кВт	E_a , кВт·год./рік
1	2	3	4	5	6
Прохідна	3	7000	0,9	7,88	55160
Брагоректифікаційний цех			0,8	100,8	705600
Склад ФГЕ спирту			0,75	12,211	85477
Бродильний цех			0,8	176,6	1236200
Вагове приміщення			0,85	12,032	84224
Варочний цех			0,7	133,34	933380
Котельня			0,85	188,36	1318520
Норія			0,65	26,3	184100
Склад готової продукції			0,8	17,8	124600
Трансформаторна підстанція 10 кВ			0,65	363,52	2544640
Насосна станція			0,75	384,061	2688427
Електро-ремонтний цех			0,7	252,35	1766450
Адміністративні приміщення			0,9	15,16	106120
Транспортні приміщення (гаражі)			0,85	14,76	103320
Токарний цех			0,8	60,412	422884
Разом			1765,586	12359102	31685193,09

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.32)$$

де $I_{\text{м}}$ – максимальний струм у лінії, А;

τ – час максимальних втрат, год./рік.

R – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом;

$$R = r_0 \cdot L; \quad (4.33)$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км [22].

Для лінії ЦРП –ТП1. Струм лінії живлення, А:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3}U_{\text{н}}}. \quad (4.34)$$

Виконуємо розрахунок втрат електроенергії в інших лініях і результати заносимо до табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	Марка кабелю	К- сть ліній	Довжина, км	$I_{\text{м}}$, А	R , Ом	τ , год./рік	$\Delta E_{\text{л}}$, кВт·год.
С-ЗТП1	АСБЛ-10 3х70	2	0,072	27,4	0,00465	5947,83	62,34
С-ЗТП2	АСБЛ-10 3х70	2	0,134	25,0	0,00866	5947,83	96,53
Разом							158,87

Втрати електроенергії в ТП визначають за формулою, тис. кВт·год./рік:

$$\Delta E_{\text{Т}} = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{р}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left(\frac{S_{\text{ф}}}{S_{\text{н}}} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.35)$$

де n - кількість трансформаторів;

$\Delta P_{\text{кз}}$ і $\Delta P_{\text{хх}}$ – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

$T_{\text{р}}$ - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

$S_{\text{ф}}$ - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

S_n - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Проводимо розрахунок і результати зводимо у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип	шт	ΔP_x , кВт	ΔP_k , кВт	S_p , кВА	S_n , кВА	ΔE_T , кВт·год./рік
ТП-1	ТМ-630	2	1,24	7,6	947,4	630	21724,8
ТП-2	ТМ-630	2	1,24	7,6	865,2	630	64352,71085
Разом							86077,51085

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год./рік:

$$E = E_a + \Delta E_{\text{л}} + \Delta E_T; \quad (4.36)$$

$$E = 12359102 + 158,87 + 86077,51 = 12445338,38 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$\Pi = 5,5 \cdot 12445338,38 = 68449361,11 \text{ (грн.)}; \quad (4.37)$$

4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВтг:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.38)$$

де $C_{\text{сум}}$ – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;

E_a – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\text{п}}, \quad (4.39)$$

де Π – оплата за спожиту електроенергію;

$C_{\text{п}}$ – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають такі складові, тис.грн/рік:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_a + C_{\text{ір}}, \quad (4.40)$$

де $C_{\text{обс}}$ – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$ – річні витрати на поточний ремонт устаткування і мереж, грн/рік;

C_a – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\text{п}} = 1956127,55 + 94036,56 + 188510 + 559669,53 = 2798347,634 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати:

$$C_{\text{сум}} = 2798347,634 + 68449361,11 = 71247708,75 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{71247708,75}{12359102} = 5,76 \text{ (грн./кВт·год.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
1	2	3	4
Кількість корисно спожитої електроенергії	E_a	31685193,09	кВт·год
1	2	3	4
Річне споживання електроенергії із втратами	E	32060940,87	кВт·год
Плата за електроенергію	Π	176335174,8	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	$C_{\text{п}}$	10723102,2	грн
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	187058277	грн
Собівартість електроенергії	S	590,36	коп/кВт·год

4.5 Висновки до розділу 4

В даному розділі магістерської роботи був проведений аналіз основних техніко-економічних показників для спроектованої системи електропостачання (СЕР) підприємства, а також розрахована собівартість виробленої електроенергії, яка склала 590,36 копійок за кіловат-годину

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи розробляються заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час оптимізації системи електропостачання спиртового заводу ДП «Бучацький мальтозний завод»

Отже, на електротехнічний технологічний персонал, який здійснює реконструкцію та обслуговування електрообладнання даного об'єкта, впливають наступні небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо).

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць в пожежонебезпечних зонах

Вимоги поширюються на електроустановки, що розміщуються в пожежонебезпечних зонах всередині і зовні приміщень. До експлуатації в пожежонебезпечних зонах допускається електрообладнання, що відповідає

вимогам з урахуванням показників пожежо- вибухонебезпеки матеріалів (рідин, пилу, волокон).

Електрообладнання з частинами, що іскрять під час нормальної роботи або нагріваються понад небезпечні температури (тобто є імовірними джерелами займання) рекомендується встановлювати поза межами пожежонебезпечних зон. Для забезпечення ступеня захисту оболонок електрообладнання від проникнення пилу на рівні IP54, кришки, інші з'ємні частини оболонки і місця вводу кабелів слід ущільнювати за допомогою еластичних (гумових) прокладок, ущільнювальних кілець, сальників тощо.

Відкриті частини електричних машин, які нормально іскрять (наприклад, контактні кільця), слід розташовувати на відстані не менше 1 м від місць розміщення горючих матеріалів, або відокремлювати від них екраном з негорючого матеріалу. Переносні електричні ручні машини (електрифікований інструмент), які застосовуються в пожежонебезпечних зонах, повинні мати ступінь захисту оболонок не менше IP44.

Електроустановки в пожежонебезпечних зонах будь-яких класів в разі необхідності повинні мати апарати, що відключають частково або повністю технологічне і сантехнічне устаткування у випадках аварій і пожеж. Обсяг відключення визначається технологами і сантехніками проектної організації і спеціалістами служб охорони праці, з урахуванням особливостей технологічного процесу.

При використанні електронагрівальних приладів їх робочі частини, які нагріваються, слід захищати від контакту з горючими речовинами, а самі прилади встановлювати на поверхні із негорючих матеріалів і відділяти від горючих речовин екранами.

В пожежонебезпечних зонах всіх класів рекомендується використовувати силові і освітлювальні розподільчі пункти, що мають ступінь захисту оболонок IP54. Електрообладнання вантажопідіймальних механізмів (кранів, талей тощо), котрі перебувають в пожежонебезпечних зонах і зв'язані з технологічним процесом, повинне мати ступінь захисту оболонок (як для пересувних

механізмів).

В пожежонебезпечних зонах слід використовувати світильники, що мають ступінь захисту не менший, ніж IP44. Світильники з лампами розжарювання не повинні мати відбивачів і розсіювачів з горючих матеріалів. В разі встановлення світильників, що не мають штепсельних роз'ємів, на металевих кронштейнах (стійках), заземлення кронштейна слід забезпечувати жорстким кріпленням до нього заземленого металевого корпусу. В свою чергу, заземлення корпусу світильника слід виконати за допомогою перемички між заземлювальним і нульовим затискачами всередині ввідного пристрою світильника.

Складські приміщення з пожежонебезпечними зонами будь-якого класу, які замикаються, повинні мати апарати для відключення іззовні силових і освітлювальних мереж незалежно від наявності апаратів для відключення всередині приміщень. В пожежонебезпечних зонах будь-якого класу складських приміщень забороняється застосування електронагрівальних приладів.

В пожежонебезпечних зонах всіх класів крім захисту від струмів КЗ провідники освітлювальних мереж слід захищати від перевантажень. Крім того, від перевантажень слід захищати силові мережі, які прокладаються в пожежонебезпечних зонах складських приміщень, і в інших випадках, якщо перевантаження може виникнути за умовами технологічного процесу. В пожежонебезпечних зонах будь-якого класу кабелі і проводи повинні мати покриття і оболонку з матеріалів, що не розповсюджують горіння.

5.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання підприємства та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – особливо небезпечні, так як виконуються назовні.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;
- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;
- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Є неприпустимими:

- експлуатація кабелів та проводів з пошкодженою або такою, що втратила захисні властивості за час експлуатації, ізоляцією; залишення під напругою кабелів та проводів з неізольованими провідниками;
- застосування саморобних подовжувачів, які не відповідають вимогам до переносних електропроводок;
- застосування для опалення приміщення нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або ламп розжарювання;
- користування пошкодженими розетками, розгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншими електровиробами, а також лампами, скло яких має сліди затемнення або випинання.
- підвішування світильників безпосередньо на струмопровідних проводах, обгортання електроламп і світильників папером, тканиною та іншими горючими матеріалами, експлуатація їх зі знятими ковпаками (розсіювачами);
- використання електроапаратури та приладів в умовах, що не відповідають вказівкам (рекомендаціям) підприємств-виготовлювачів.

Металеві труби та гнучкі металеві рукави повинні бути заземлені. Заземлення повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.00-1.21-98 "Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів". Для підключення переносної електроапаратури застосовують гнучкі проводи в надійній ізоляції.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні, де

встановлена лінія, наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Iб	22-28	55 при 28°C	0,1-0,2
Холодний	Iб	21-25	75 при 25°C	Не більше 0,1

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці технологічного персоналу передбачається [7]:

- в холодну пору року використання калорифера;
- в літню пору застосування вентиляторів обдуву;
- провітрювання приміщення.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони оператора лінії

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено:

- провітрювання приміщення;
- цілісність вікон для перешкодження попадання пилу в приміщення під

час роботи лінії;

– встановлення пиловловлюючих засобів.

5.2.3 Виробниче освітлення

Природне освітлення.

В залежності від джерела світла промислове освітлення поділяється на: - природне освітлення – освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), яке проникає через світлові пройми в зовнішніх огорожених конструкціях. По своєму спектральному складу воно є найбільш сприятливим. Природне освітлення характеризується коефіцієнтом природної освітленості КПО (e_n). КПО – відношення природного освітлення, яке створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба, до значення зовнішньої горизонтальної освітленості.

Основною величиною для розрахунку і нормування природного освітлення є коефіцієнт природної освітленості (КПО). Прийняте роздільне нормування КЕО для бічного і верхнього освітлення. Ті місця, що освітлюється тільки бічним світлом, нормується мінімальне значення КЕО в межах робочої зони, що повинно бути забезпечене в точках, найбільше віддалених від вікна.

Штучне освітлення.

Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване. Загальне освітлення – освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місцеве освітлення - освітлення, яке створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «г».

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	г	середній великий великий	світлий світлий середній	-	200	4	2,4

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Для загального освітлення приміщень рекомендується використовувати головним чином, світлодіодні лампи, що обумовлюється наступними перевагами: високою світловою віддачею (до 75 лм/Вт і більше); довгим часом використання (до 10000 годин); малою яскравістю поверхні, що світиться; спектральним складом випромінюючого світла (для деяких видів ламп цей склад є близьким до природного світла, що забезпечує гарну передачу кольорів). Разом з тим необхідно врахувати і недоліки цих ламп: висока пульсація світлого потоку та пов'язана з цим можливість стробоскопічного ефекту; для запалювання та горіння лампи необхідно включення послідовно з ним пускорегулюючих апаратів; працездатність ламп залежить від температури оточуючого середовища, до кінця часу роботи світловий потік зменшується більш ніж на половину від номінального.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

5.2.4. Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом [9], який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі;
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сидниці). Допустимі рівні загальної вібрації на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 і наведені в табл. 5.5.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів установок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	<u>1,3</u> 108	<u>0,45</u> 99	<u>0,22</u> 93	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	-	-	-	-

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с 10^{-2} , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [1]. Робота монтажника будівельних конструкцій потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кґ/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кґ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 13000; при загальному навантаженні (за участю м’язів рук, тулуба, ніг) – до 44000; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кґ – до 30 кґ; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м’язів кистей та пальців рук)- до 40000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 20000; статичне навантаження (кґ/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю м’язів тулуба та ніг – до 100 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаємне розташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни; перебування у вимушеній позі до 10%, в позі «стоячи» – до 60% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 51-100 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 8, вертикалі – 4 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення складних завдань з вибором за алгоритмом (робота за серією інструкцій); сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями. Заключна оцінка фактичних значень параметрів; обробка, перевірка і контроль за виконанням завдання; робота в умовах дефіциту часу.

Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) – 51-75; щільність сигналів (звукові за 1 год) – 151-300; навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість допоміжних робіт

(завдань). Вимагає додаткових зусиль з боку керівництва (бригадира, майстра тощо).

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – двозмінна (без нічної зміни).

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електропостачання спиртового заводу в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Всі системи електропостачання є досить вразливими до дії загрозливих чинників, що виникають у надзвичайних ситуаціях. Система електропостачання відноситься до стратегічного підприємства з важливими для життя держави завданнями. Тому надзвичайної ваги є питання є забезпечення високої стійкості роботи СЕП.

Дія радіації на матеріали та обладнання залежить в основному від виду випромінювання, дози опромінення, умов навколишнього середовища. Найбільш чутливе до дії іонізуючого випромінювання є електронне обладнання систем управління СЕП. Серед елементів є напівпровідники, блок живлення, блок керування та силові елементи, транзистори, діоди. Через впливи на ізоляцію в трансформаторах можливі замикання обмоток, а відповідно і загорання трансформаторів.

В результаті опромінення системи в регуляторах змінюється струм і коефіцієнти підсилення; в конденсаторах понизиться напруга пробоя і опір витоку, зміниться провідність і внутрішнє нагрівання. В ізоляційних і діелектричних матеріалах зміняться такі параметри: електрична провідність та діелектрична провідність.

Серед загрозливих чинників надзвичайних ситуацій особливо великий вплив на СЕП має вплив електромагнітного імпульсу. Він може призвести до загорання чутливих електричних та електронних елементів, зокрема транзисторів та діодів, а також до серйозних порушень в цифрових і контрольних

пристроях. Електромагнітний імпульс пробиває ізоляцію, випалює елементи мікросхем, викликаючи коротке замикання. Ці наслідки призводять до пожеж на підприємстві, а в подальшому розвитку і вибухів. Саме тому є необхідність запобігати впливу цього фактору на електричне та електронне обладнання СЕП. Систему управління роботи СЕП комплексу первинної обробки і накопичення зерна застосовують в багатьох галузях. Їх використовують на вузлах зв'язку, на об'єктах житлово-комунального господарства (ліфти, котельні, трансформаторні), в системах безпеки, а також в промислових потребах. Саме тому розробка подібних систем є перспективною та економічно виправданою.

5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання комплексу первинної обробки і накопичення зерна в умовах дії іонізуючого випромінювання

У якості критерія стійкості роботи радіоелектронної апаратури використовують граничне значення рівня радіації, яке визначається з формулою:

$$p_{гр} = K \cdot p_{зв} \cdot K_{пос} , \quad (5.1)$$

де K – коефіцієнт надійності, $K = 0,9 \dots 0,95$;

$p_{зв}$ – рівень радіації, який відповідає початку зворотних змін у найменш стійкому елементі пристрою;

$K_{пос}$ – коефіцієнт послаблення радіації ($K_{пос} = 4$).

Макет модуля реєстрації сигналів складається з наступних елементів: резистори, конденсатори, мікросхеми, дисплей. Визначаємо максимальне значення потужності експозиційних доз, при яких можуть відбутися зворотні зміни. Дані заносимо у табл.5.6.

Таблиця 5.6 – Максимально допустимі значення потужностей опромінення елементів печі

№	Блок системи	Елементи РЕА	$p_{зв_1}$, (P/c)	$p_{зв}$, (P/c)
---	--------------	-----------------	-----------------------	---------------------

Продовження таблиці 5.6

1	Блок приймання інформації	Мікросхема	10^4	10^4
		Резистор	10^6	
		Транзистор	10^6	
2	Перетворювач повідомлень	Модуль	10^4	10^4
		Мікросхема	10^4	
		Конденсатор	10^6	
		Резистор	10^7	
3	Блок виводу інформації	Роз'єми	10^4	10^4
		Мікросхема	10^4	

Як видно з табл. 5.6 найбільш вразливим елементом є мікросхеми та дисплей.

$$p_{зв} = 10^4 \text{ Р/год.} \quad (5.2)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$p_{гр} = 0,5 \cdot 4 \cdot 10^4 = 20000 \text{ (Р/год)}.$$

Визначаємо допустимий час роботи РЕА:

$$t_{доп} = \frac{D_{гр} \cdot K_{посл} + 2P_1 \cdot \sqrt{t_{п}}}{2P_1}. \quad (5.3)$$

Підставимо значення у формулу:

$$t_{доп} = \frac{10000 \cdot 4 + 2 \cdot 5,34 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 5,34} = 3746,32 \text{ (годин)}.$$

В умовах дії іонізуючого випромінювання від 0 до 20000 Р/год система електропостачання комплексу первинної обробки і накопичення зерна зможе продовжувати нормальну роботу. При дії максимально допустимого рівня випромінювання час його працездатності буде 3746,32 годин.

5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання комплексу первинної обробки і накопичення зерна в умовах дії електромагнітного імпульсу

Параметри пристрою:

Напруга живлення $U_{\text{ж}} = 6\text{В}$;

Допустиме відхилення напруги живлення $N = \pm 5\%$

Розрахунок допустимого коливання напруги живлення модуля за наступною формулою:

$$U_{\text{доп}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}}}{100} \cdot N, \quad (5.4)$$

$$U_{\text{доп}} = 6 + \frac{6}{100} \cdot 5 = 6,3 (\text{В}).$$

Плата розташована в горизонтальній площині. Визначаємо максимальну очікувану напругу в горизонтальних ліній з наступної рівності:

$$U_{\text{г}} = \frac{U_{\text{ж}}}{100}. \quad (5.5)$$

$$U_{\text{г}} = \frac{6}{100} = 0,06 (\text{В}).$$

Вертикальна складова напруженості електричного поля визначається:

$$U_{\Gamma} = E_{\text{в}} + l_{\Gamma}.$$

$$E_{\text{в}} = \frac{U_{\Gamma}}{l_{\Gamma}},$$

де l_{Γ} – максимальна довжина горизонтального контуру електричної схеми ($l_{\Gamma} = 0,055\text{м}$).

$$E_{\text{в}} = \frac{0,06}{0,055} = 1,09 \text{ (В/м)}.$$

Отже, вертикальна складова напруженості електричного поля становить 1,09 В/м.

5.4 Розробка превентивних заходів по підвищенню безпеки роботи системи електропостачання спиртового заводу в умовах надзвичайних ситуацій

Насичення сучасних технологічних ліній засобами автоматики, телемеханіки, електронної та напівпровідникової технікою значною мірою сприяє вдосконаленню технологічних процесів, але в той же час робить ці процеси більш уразливими до впливу вражаючих факторів. Отже, одночасно з вдосконаленням технологічних процесів виробництва слід вживати необхідних заходів і щодо підвищення їх стійкості.

Необхідна умова надійності технологічного процесу – стійкість системи управління та безперебійне забезпечення всіма видами енергопостачання. У разі виходу з ладу автоматичних систем управління передбачається перехід на ручне управління технологічним процесом у цілому або окремими його ділянками.

Підвищення стійкості систем енергопостачання відіграє значну роль у покращенні стійкості роботи систем. Це досягається проведенням як

загальноміських, так і об'єктових інженерно-технічних заходів. Створюються дублюючі джерела електроенергії і подальшого їх закілювання.

Екранування забезпечує захист модуля від дії іонізуючого випромінювання.

Перехідне гасіння енергії електричного поля визначається за формулою:

$$A = 5,2 \cdot t \cdot \sqrt{f} \quad (5.6)$$

де t – товщина стінки екрану;

f – 1500 Гц

Вертикальна складова напруженості електричного поля на виході екрану визначається:

$$A = 20 \lg \frac{E_B}{E_{Bi}} \quad (5.7)$$

звідси

$$E_{Bi} = \frac{E_B}{10^{\frac{A}{20}}}$$

Для вертикальної складової приймемо товщину стінки екрану 0,35 мм, тоді перехідне згасання енергії електричного поля буде:

$$A_B = 5,2 \cdot 0,35 \cdot \sqrt{1500} = 7,04 \text{ (дБ)}$$

Розраховуємо вертикальну складову напруженості електричного поля на виході екрану:

$$E_{Bi} = \frac{1,09}{10^{\frac{7,04}{20}}} = 0,48 \text{ (кВ/м)}$$

Горизонтальна складова напруженості електричного поля на виході екрану:

$$A = 20 \lg \frac{E_r}{E_{ri}} \quad (5.8)$$

звідси

$$E_{\text{вi}} = \frac{E_r}{10^{\frac{A}{20}}}$$

Нехай для горизонтальної складової товщина стінки екрану буде становити 0,5 мм, тоді перехідне згасання енергії електричного поля буде розраховуватись:

$$A_r = 5,2 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{1500} = 10,06 (\text{дБ})$$

Горизонтальна складова напруженості електричного поля визначається:

$$E_r = \frac{U_r}{l_r} \quad (5.9)$$

$$E_r = \frac{0,06}{0,05} = 1,2 (\text{В/м})$$

Горизонтальна складова напруженості електричного поля на виході екрану:

$$E_{\text{вi}} = \frac{1,2}{10^{\frac{10,06}{20}}} = 0,37 (\text{кВ/м})$$

Для захисту обладнання доцільно використовувати екранування. Розрахунки показали, що мінімальна товщина екрану має бути 0,35 мм для горизонтальних стінок і 0,5 мм для вертикальних, при яких відповідно горизонтальна і вертикальна складові напруженості електричного поля будуть становити 0,48 та 0,37 кВ/м. Якщо екранувати кожен прилад в лабораторії, то це

приведе до того, що екран збільшить габаритні розміри та вагу пристроїв. Крім того довелось б змінювати конструкцію всіх приладів. Тому найкращим рішенням є екранування самих лабораторних приміщень, де знаходиться радіоелектронна апаратура.

5.5 Висновки до розділу 5

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було розглянуто основні заходи з охорони праці, а саме організаційні і технологічні заходи, що направлені на максимальне зниження загрозливих чинників і створення оптимальних умов роботи на заводі.

У розділі було розглянуто принцип дії іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу на радіоелектронну апаратуру. Крім того, було проведено дослідження безпеки роботи системи електропостачання комплексу первинної обробки і накопичення зерна в умовах дії іонізуючого випромінювання. Була складена таблиця максимально допустимих значень потужностей доз електромагнітного імпульсу для елементів радіоелектронної апаратури, на основі якої було розраховано граничне значення рівня радіації, яке склало 20000 Р/год для миттєвого відказу.

Крім того у розділі було розроблено заходи по підвищенню стійкості роботи системи електропостачання комплексу первинної обробки і накопичення зерна до дії загрозливих чинників в НС. Такими заходами є підвищення стійкості будівель, забезпечення додаткового електропостачання та використання захисних екранів. При товщині вертикальної стінки екрану 1 мм вертикальна складова напруженості електричного поля буде 0,37 кВ/м.

ВИСНОВКИ

У процесі аналізу техніко-економічних аспектів електропостачання на Бучацькому мальтозному заводі було визначено ключові напрямки для підвищення енергоефективності підприємства та забезпечення стабільного енергопостачання. Завод використовує складну технологічну лінію, що включає етапи підготовки та обробки сировини, на яких споживаються значні енергетичні ресурси. Однією з головних проблем є наявність перевитрат енергії, що виникають через неефективне управління електроспоживанням. Тому першим важливим кроком було проведення аналізу електроспоживання та побудова математичних моделей, які дозволяють прогнозувати енергетичні витрати підприємства.

Одним з результатів цього аналізу стало визначення низької енергоефективності заводу, що обумовлена перевитратами енергії. Враховуючи технологічні особливості підприємства, запропоновано вжити заходів для оптимізації енергетичних витрат, що дозволить не тільки знизити загальні витрати на електроенергію, але й підвищити якість кінцевого продукту. Впровадження системи енергоменеджменту, яка включає централізований облік електроенергії, а також розробка правил енергоменеджменту для котельні ДП «Бучацький мальтозний завод», стало важливим етапом у досягненні цієї мети. Створення центру обліку енергії дозволяє підприємству детально аналізувати енергоспоживання і забезпечити можливість постійного моніторингу параметрів енергоефективності. Це дає змогу вчасно виявляти перевитрати та коригувати процеси, що призводить до значної економії.

Окремо була розроблена система, яка дозволяє оцінити економічну ефективність проекту встановлення мережевої сонячної електростанції (СЕС).

Для будівництва сонячної електростанції (СЕС) та забезпечення стабільного електропостачання було обрано наступне обладнання, що дозволить ефективно покрити потреби споживачів та забезпечити надійну роботу адміністрації й прохідної:

Фотоелектричні модулі: LONGI LR7-72HGD-600M – 680 шт.

Інвертори: Huawei SUN2000-100KTL-M2 – 4 шт (основні інвертори для CEC), DEYE SUN-15K-SG05LP3-EU-SM2 – 1 шт (гібридний інвертор для адміністрації, 15 кВт, 48 В, трифазний, 2 MPPT, Wi-Fi), DEYE 10kW with Wi-Fi – 1 шт (гібридний інвертор для прохідної, 10 кВт, трифазний, 230 В, CE, VDE).

Наземні та дахові конструкції: Наземний каркас Domino V3-57 XL – 3 шт на 1 інвертор (для наземного встановлення), даховий баластний каркас Ant RBS.A1 – для монтажу на покрівлі.

Акумуляторні батареї: DEYE SE-G5.1 Pro-B LiFePO4 LV (51,2 В, 100 А·год, 5,12 кВт·год) – 4 шт (для адміністрації та прохідної).

Система моніторингу та обліку: Huawei Smart Logger 3000a с PLC – 1 шт (реєстратор даних для контролю та аналізу роботи CEC), CHiNT DTSU666 Smart Meter з ТС 800/5 – 1 шт (лічильник для обліку електроенергії).

Кабельна продукція: KBE Solar з роз'ємами MC-4 – 3000 м (для прокладання постійного струму).

Рішення щодо джерел безперебійного живлення (ДБЖ):

Під час проектування було вирішено забезпечити безперебійним живленням не лише адміністрацію, а й прохідну, де розташований пост охорони. Для цього було обрано:

Гібридний інвертор DEYE SUN-15K-SG05LP3-EU-SM2 із 4 акумуляторними батареями DEYE SE-G5.1 Pro-B LiFePO4 LV для адміністрації.

Гібридний інвертор DEYE 10kW with Wi-Fi із такою ж кількістю акумуляторів для прохідної.

Запропоноване обладнання забезпечить ефективну генерацію електроенергії для основних споживачів підприємства, а також стабільне живлення критичних об'єктів, таких як адміністрація та прохідна. Це дозволить підвищити енергонезалежність, оптимізувати витрати та забезпечити безперебійну роботу у разі відсутності електропостачання. Таким чином, загальна реалізація цих заходів дозволить Бучацькому мальтозному заводу досягти високих результатів у сфері енергоефективності та забезпечення

стабільного енергопостачання. Зниження витрат на електроенергію, покращення екологічної ситуації та підвищення надійності енергетичних систем сприятимуть підвищенню економічної стійкості та конкурентоспроможності підприємства в умовах сучасного ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2012. 148 с.
- 2 Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 123 с.
- 3 Бурбело, М. Й. Спеціальні питання електропостачання: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця : ВНТУ, 2024. 89 с.
- 4 Бурбело М. Й. Електромагнітна сумісність і керування якістю електроенергії в системах електропостачання : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця: ВНТУ, 2024. 159 с.
- 5 Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617 с.
- 6 Демов О.Д., Бірюков О.О., Мельничук Л.М. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. 92 с.
- 7 ГОСТ 14209-97 «Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів»: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77094 (дата звернення 01.06.2024)
- 8 ГОСТ 13109-97 «Норми якості електричної енергії в системах електропостачання Загальне призначення»: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=25837 (дата звернення 01.06.2024)
- 9 РД 153-34.0-15.501-00 «Методичні вказівки по контролю і аналізу якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення. Частина 1. Контроль якості електричної енергії»: веб-сайт. URL: https://standartgost.ru/g/pkey-14294817093/%D0%A0%D0%94_153-34.0-15.501-00 (дата звернення 01.06.2024)
- 10 РТМ 36.18.32.4-92 - «Методика розрахунку електричних завантажень». веб-сайт. URL: <https://profsector.com/media/catalogs/57ea1c8c988b2.pdf> (дата звернення 01.06.2024)
- 11 Камінський А. В., Мокін Б. І. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж: монографія. Вінниця: Універсум Вінниця, 2005. 122с.

- 12 Каталог конденсаторних установок: веб-сайт. URL: <http://www.kpenri.com.ua/-prod02.php> (дата звернення 01.12.2024)
- 13 Кабельно-провідникова продукція: веб-сайт. URL: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189> (дата звернення 01.12.2024)
- 14 Трансформатори силові: веб-сайт. URL: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099> (дата звернення 01.12.2024)
- 15 Експлуатація освітлювальних установок: веб-сайт. URL: http://life-prog.ru/ukr/1_954_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html (дата звернення 01.12.2024)
- 16 Регулювання напруги в електричних системах - Конспект лекцій з курсу Електричні системи і мережі: веб-сайт. URL: http://forca.com.ua/knigi/navchannya/konspekt-lekcii-z-kursu-elektrichni-sistemi-i-merezhi_11.html (дата звернення 01.12.2024)
- 17 Правила установки электроустановок. Харків: Індустрія, 2007. 416 с.
- 18 Все про Excel: створення і редагування таблиць: веб-сайт. URL: <https://support.microsoft.com/uk-ua/office/%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%82%D0%B0-%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D1%86%D1%8C-e81aa349-b006-4f8a-9806-5af9df0ac664> (дата звернення 01.12.2024)
- 19 Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах. Вінниця: ВНТУ, 2006. 95 с.
- 20 ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073 (дата звернення 01.12.2024)
- 21 ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv>-(дата звернення 01.12.2024)

22 ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

23 ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом.

24 Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с. (дата звернення 01.12.2024)

25 НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>. (дата звернення 01.12.2024)

26 ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення 01.12.2024)

27 ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

28 ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

29 ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html> (дата звернення 01.12.2024)

30 ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99> (дата звернення 01.12.2024)

31 Кодекс цивільного захисту України. К.: ВР України, 2012. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17> (дата звернення 01.12.2024)

32 "Все про сонячні батареї та станції" веб-сайт. URL: <https://www.atmosfera.ua/media/vse-pro-sonyachni-batareyi-ta-stanciyi> (дата звернення 12.11.2024)

33 Калькулятор розрахунку сонячної електростанції - Atmosfera веб-сайт. URL: <https://calculator.atmosfera.ua/> (дата звернення 13.11.2024)

34 Розрахунок окупності сонячної електростанції на 5, 10 і 30 ... веб-сайт. URL: <https://greenpowertalk.tech/blog/%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%B0%D1%85%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BF%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%96%D1%81%D0%BE%D0%BD%D1%8F%D1%87%D0%BD%D0%BE%D1%97-%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82/> (дата звернення 13.11.2024)

35 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ АСПЕКТІВ ПОБУДОВИ

МАЛИХ

СЕС

веб-сайт.

URL:<https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/26818/6765.pdf?sequence=3&isAllowed=y> (дата звернення 16.11.2024)

36 Гулько В.О., Шуліс Ю.А. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОЗРАХУНКУ ОКУПНОСТІ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ (2025) Веб-сайт.

URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fceem/all-fceem-2025/paper/view/22853> (дата звернення: : 14.11.2024).

Додатки

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ЕСЕМ

“ ” 2024р.

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
“ ” 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА
БУЧАЦЬКИЙ МАЛЬТОЗНИЙ ЗАВОД»**

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Шулле Ю.А.

(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ-23м

Гулько В.О.

(підпис)

Вінниця 2024 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за №310 від 17.09.2024.

Дата початку роботи 02.09 .2024р.

Дата закінчення роботи 10.12.2024

2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) мета: Підвищення енергоефективності системи електропостачання державного підприємства бучацький мальтозний завод»

б) призначення розробки: виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР: генплан підприємства; відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (освітня програма «Енергетичний менеджмент») / Уклад. О. В. Бабенко, Ю. А. Шулле. Вінниця : ВНТУ, 2023. 52 с.

3.2 Демов О. Д., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві: Навчальний посібник / О.Д. Демов, О.О. Бірюков, Л.М. Мельничук. Вінниця: ВНТУ, 2008. 92 с.

3.3 Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005. 148 с.

3.4 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. Х : Міненерговугілля України, 2017 р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для проектування	01.09.2024	17.09.2024
4.2 Проведення необхідних розрахунків	17.09.2024	20.10.2024
4.3 Розробка робочих креслень	20.10.2024	17.11.2024
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	17.11.2024	10.12.2024

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

Додаток Б

Вихідні дані

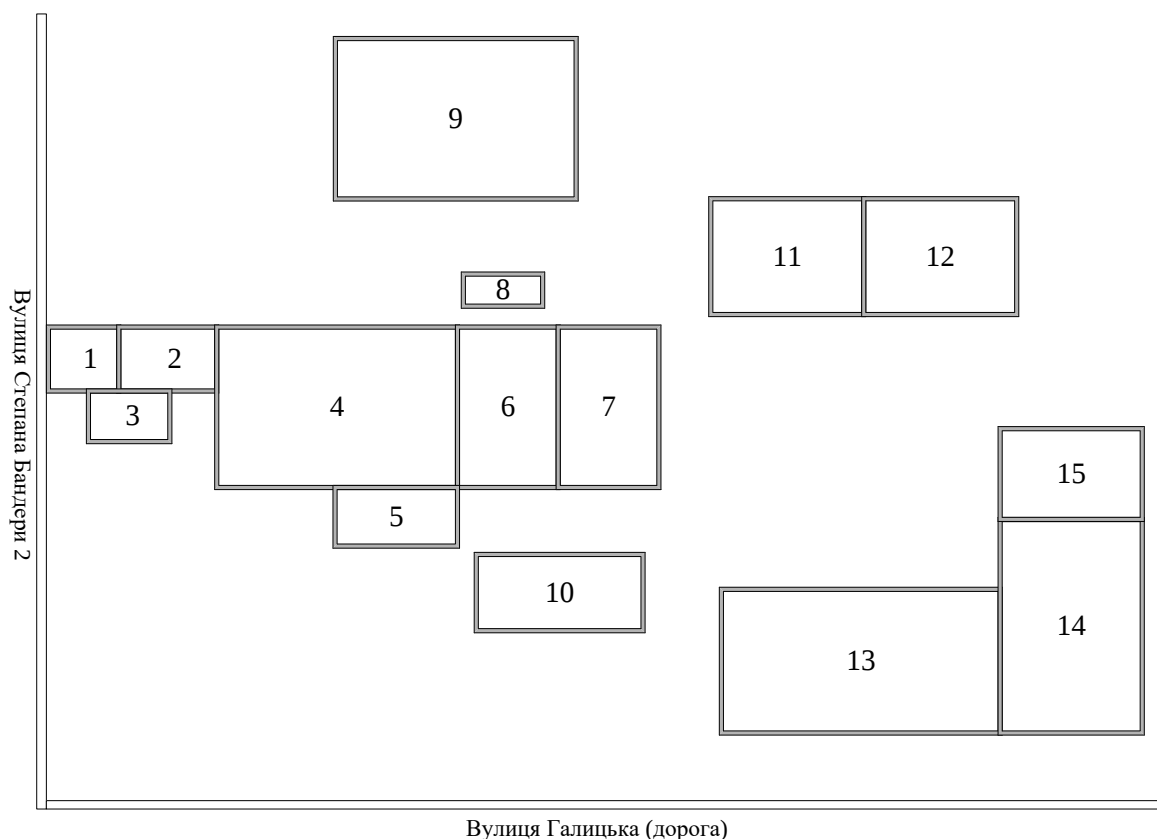


Рисунок Б.1– Генплан ДП «Буцацький мальтозний завод»

Таблиця Б.1–Відомості про електричні навантаження ДП «Буцацький мальтозний завод»

Назва технологічного приміщення	Кількість робочих змін	Навантаження відповідного цеху, кВт
16.Прохідна	3	10
17.Брагоректифікаційний цех		240
18.Склад ФГЕ спирту		40
19.Бродильний цех		250
20.Вагове приміщення		15
21.Варочний цех		180
22.Котельня		400
23.Норія		70
24.Склад готової продукції		40
25.Трансформаторна підстанція		400
26.Насосна станція		700

27.Електро-ремонтний цех		400
28.Адміністративні приміщення		15
29.Транспортні приміщення (гаражі)		40
30.Токарний цех		110

Додаток В

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Підвищення енергоефективності системи електропостачання ДП
«Бучацький Мальтозний завод»

Тип роботи: _____ МКР _____
(БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту факультет електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Turnitin

Оригінальність 92% Схожість 8%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

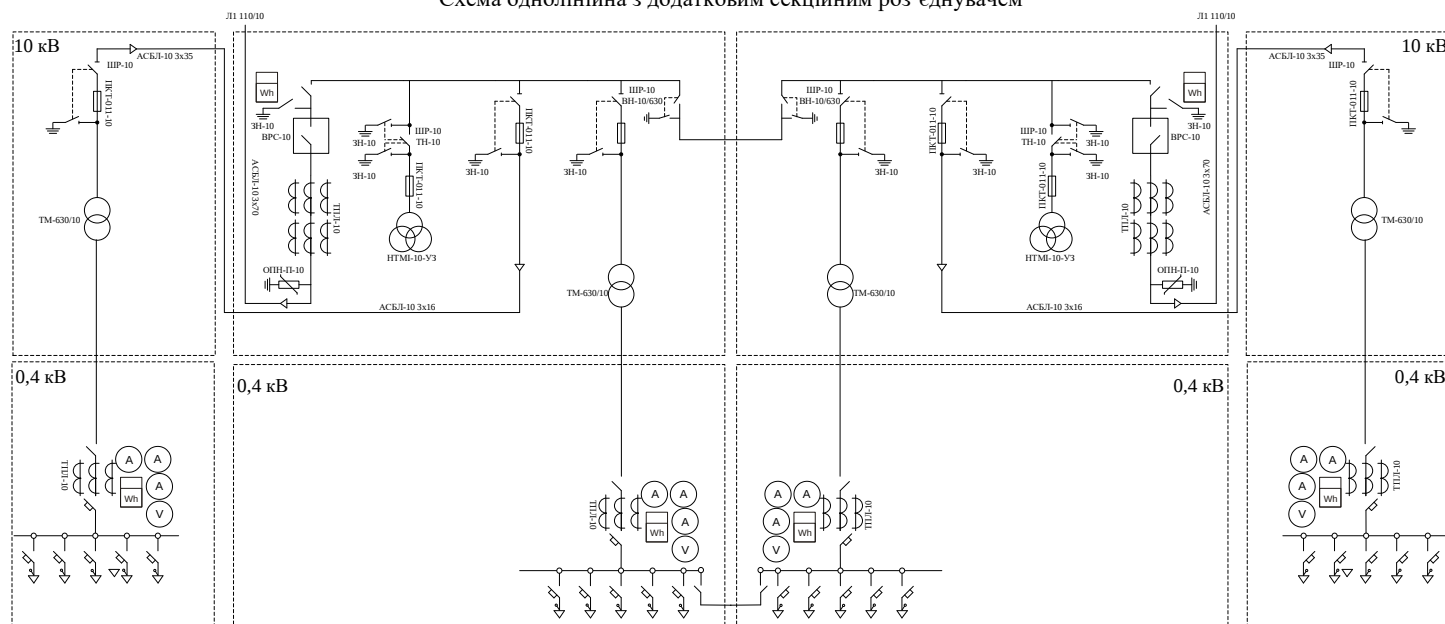
Особа, відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю.В. _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Turnitin
щодо роботи.

Автор роботи _____ Гулько В.О. _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Шулле Ю. А. _____
(підпис) (прізвище, ініціали)

Схема однолінійна з додатковим секційним роз'єднувачем



Додаток Д

Матеріали роботи

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування факультету)
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
(повна назва кафедри)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА на тему:

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА БУЧАЦЬКИЙ МАЛЬТОЗНИЙ ЗАВОД»

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕСЕ-23м

(прізвище та ініціали)

Керівник _____
(прізвище та ініціали)

Вінниця ВНТУ – 2024

Актуальність роботи

Сучасна промисловість потребує енергоефективних рішень через зростання вартості енергоресурсів та необхідність екологічної стабільності. Оптимізація енергоспоживання забезпечує конкурентоспроможність підприємств, знижує витрати й сприяє використанню екологічно чистих джерел енергії.

Мета

Підвищення енергоефективності ДП «Бучацький мальтозний завод».

Задачі

Розрахунок параметрів контролю енергоефективності, розробка заходів з енергозбереження та економії електроенергії, забезпечення охорони праці.

Об'єкт

Процес електроспоживання ДП «Бучацький мальтозний завод».

Предмет

Інструменти й підходи для проектування та аналізу системи електропостачання.

Методи

Статистичний аналіз, оптимізаційні підходи, регресійні моделі, методи контролю параметрів виробничих процесів.

Наукова новизна

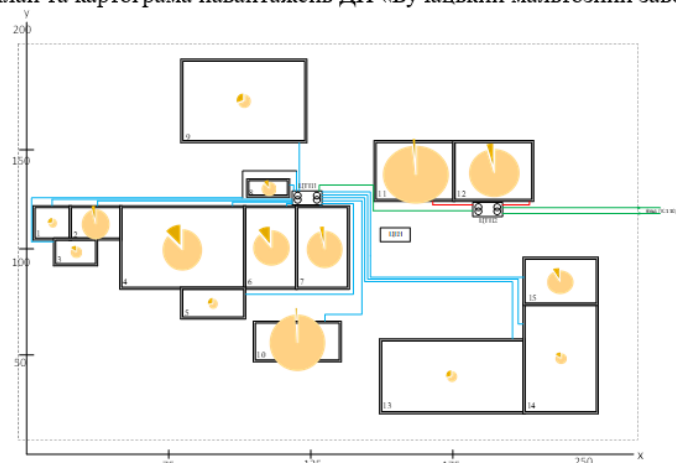
Удосконалено систему електропостачання завдяки сучасним методам аналізу та новітньому обладнанню, що відповідає стандартам надійності й знижує витрати електроенергії. Оптимізація розрахунку окупності встановлення ВДЕ.

Практична цінність

Запропоновані рішення забезпечують: Стабільне та економічно вигідне електропостачання, скорочення витрат на енергоресурси, відповідність нормативним вимогам безпеки, що відкриває перспективи для модернізації та розширення потужностей підприємства.

Загальні відомості про підприємство

Генплан та картограма навантажень ДП «Бучацький мальтозний завод»



Бучацький мальтозний завод — державне підприємство, розташоване в м. Бучач, Тернопільська область, що спеціалізується на виробництві етилового спирту, концентрованих соків і мальтози. Завод відіграє важливу роль у регіональній економіці та має тривалу історію розвитку.

У 1969–1970 роках підприємство було модернізоване в рамках восьмого п'ятирічного плану СРСР, що перетворило його на механізований і автоматизований спирто-дріжджовий комбінат. Обсяги виробництва спирту збільшилися до 3 тисяч декалітрів на добу, а рідких кормових дріжджів — до 200 тонн на добу.

У 1985 році, внаслідок антиалкогольної кампанії СРСР, завод скоротив виробництво спирту й перепрофілював частину потужностей на виготовлення концентрованих соків і мальтози. Саме тоді підприємство отримало сучасну назву.

На сьогодні завод перебуває у процесі приватизації. Він продовжує виробництво спирту-ректифіката та розглядає можливості подальшої модернізації та розширення виробничих потужностей.

Система електропостачання ДП «Бучацький мальтозний завод» включає повітряні та кабельні мережі, дві підстанції з трансформаторами потужністю 630 кВА кожна, але не має засобів компенсації реактивної потужності чи альтернативних джерел енергії. Підприємство працює цілодобово у три зміни (252 дні на рік) та забезпечує електропостачання 15 об'єктів, включаючи виробничі й адміністративні приміщення. Завод відповідає вимогам налійності II категорії, не має заборгованості та активно розширює ринки збуту, забезпечуючи роботою 283 працівників.

Оцінка параметрів досліджуваних факторів промислового підприємства та перевірка вибірки на відповідність нормальному розподілу

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	ЛИПЕНЬ								
2	Число	Об'єм спирта та потоки, т	Ел. енергія, кВт*год					засоби контролю	Ел. енергія
3	1	150,85	40016,77	сб	Середнє арифметичне			149,66	41377,10
4	2	146,26	39161,31	нд	Дисперсія вибірки			358,81	2312666,51
5	3	174,13	40463,46	п	Середньоквадратичне відхилення			18,94	1520,75
6	4	151,18	40037,84	в	Асиметрія			0,71	0,54
7	5	137,4	41095,57	с	Експес			1,55	-0,41
8	6	113,46	41247,28	ч	Нормальний закон розподілу			0,52	0,19
9	7	205,61	41571,76	п				0,43	0,07
10	8	159,7	42937,12	сб				0,90	0,27
11	9	150,85	41158,78	нд				0,53	0,19
12	10	188,23	42153,3	п				0,26	0,43
13	11	157,08	44483,68	в	Асиметрія			0,03	0,47
14	12	119,37	42625,28	с	0,71до0,54			1,00	0,55
15	13	152,16	41546,48	ч	Експес			0,70	0,85
16	14	150,85	39873,49	п	1,55до0,41			0,52	0,44
17	15	162,65	39974,63	сб				0,98	0,70
18	16	138,71	44458,39	нд				0,65	0,98
19	17	132,48	39431,01	п				0,05	0,79
20	18	122,65	39009,61	в				0,55	0,54
21	19	152,49	41934,17	с				0,52	0,16
22	20	147,24	40610,95	ч				0,75	0,18
23	21	140,35	39911,42	п				0,28	0,98
24	22	150,85	42317,65	пн				0,18	0,10
25	23	142,65	42941,33	вт				0,08	0,06
26	24	152,16	41521,19	п				0,56	0,64
27	25	125,6	43872,64	в				0,45	0,31
28	26	153,47	39540,58	с				0,31	0,17
29	27	130,52	44256,12	ч				0,52	0,73
30	28	170,52	41150,35	п				0,36	0,85
31	29	169,54	40754,23	ср				0,55	0,54
32	30	140,35	41335,77	чт				0,10	0,95
33	31	150,19	41297,85	п				0,58	0,11
34			1282690					0,16	0,97
35			41377					0,86	0,44
36								0,85	0,34
37								0,31	0,49
38								0,51	0,48

Дані про виготовлену продукцію та використану електроенергію

На рисунку представлено результати розрахунку досліджуваних параметрів промислового підприємства. За підсумками проведених обчислень підтверджено прийняття гіпотези щодо нормального розподілу значень електроспоживання, що підтверджує доцільність використання методів математичної статистики.

Розробка прогнозів споживання паливно-енергетичних ресурсів на заводі

Прогнозування є важливим інструментом енергоменеджера для прийняття рішень, спрямованих на стабілізацію енергогосподарства. Завдяки прогнозам можна вчасно виявити перевищення споживання паливно-енергетичних ресурсів і скоригувати процеси. Методи прогнозування базуються на екстраполяції, використовуючи аналіз минулих і поточних даних.

E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
Лінійна функція		Періодична функція		6		61		62		63	
a	y1	a	b	y2	a	b	c	y3	61	62	63
41377,10	41377,10	-1064377,43	368584,84	-695792,59	41377,10	81061,92	16649,97	124131,29	1545,88	5912155,98	59647,66
				-327207,74		76054,32	32618,97	122439,02			
				41377,10		67936,19	47253,90	117431,42			
				409961,94		57039,55	59956,20	109313,28			
				778546,78		43810,07	70206,37	98416,65			
				1147131,62		28788,80	77585,19	85187,16			
				1515716,46		12590,12	81790,87	70165,90			
				1884301,31		4123,49	82651,40	53967,21			
				2252886,15		-20668,45	80131,59	37253,61			
				2621470,99		-36368,10	74334,50	20708,64			
				2990055,83		-50580,34	65497,22	5008,99			
				3358640,67		-62723,90	53981,19	-9203,24			
				3727225,52		-72302,14	40257,39	-21346,81			
				4095810,36		-78923,31	24887,11	-30925,04			
				4464395,20		-82316,61	8498,99	-37546,21			
				4832980,04		-82343,26	-8236,74	-40939,51			
				5201564,88		-79002,18	-24635,59	-40966,16			
				5570149,73		-72430,00	-40026,88	-37625,08			
				5938734,57		-62895,53	-53781,12	-31052,91			
				6307319,41		-50788,71	-65335,77	-21518,44			
				6675904,25		-36604,70	-74218,28	-9411,61			
				7044489,09		-20923,59	-80065,35	-4772,40			
				7413071,94		-4386,74	-82637,84	20453,50			
				7781658,78		12329,52	-81830,55	36990,36			
				8150243,62		28541,53	-77676,50	53706,62			
				8518828,46		43586,21	-70345,57	69918,62			
				8887413,30		56848,28	-60137,59	84963,31			
				9255998,15		67785,32	-47470,06	98225,38			
				9624582,99		75950,03	-32861,06	109162,42			
				9993167,83		81008,48	-16908,09	117327,13			
				10361752,67		82753,77	-263,60	122385,57			
				149822381,30				1281393,48			

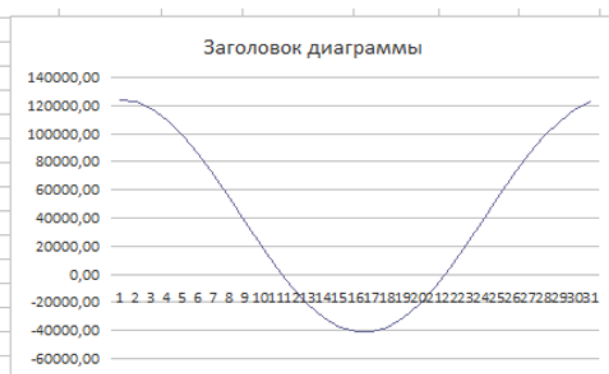
Результати обчислення періодичної функції

R	S	T	U	V	W
y1	y2	y3	y4	y5	y6
y1p1	y1p2	y2p1	y2p2	y3p1	y3p2
-1360,33	1850489,81	735809,36	541415409474,68	-84114,52	7075252691,90
-2215,79	4909712,46	366369,05	134226284333,01	-83277,71	6935176868,98
-913,64	834732,74	913,64	834732,74	-76967,96	5924066130,80
-1339,26	1793609,57	-369924,10	136843839034,33	-69275,44	4799087113,89
-281,53	79257,51	-737451,21	543834288515,92	-57321,08	3285705819,18
-129,82	16852,48	-1105884,34	1222980179784,32	-43939,88	1930713272,41
194,66	37893,65	-1474144,70	2173102610636,62	-28594,14	817624901,26
1560,02	2433671,46	-1841364,19	3390622068073,23	-11030,09	121662955,78
-218,32	47662,35	-2211727,37	4891737953122,73	3905,17	15250390,14
776,20	602490,95	-2579317,69	6652879748762,55	21444,66	459873316,57
3106,58	9650857,33	-2945572,15	8676395305389,64	39474,69	1558250770,52
1248,18	1557960,56	-3316015,39	10995958095820,80	51828,52	2686195797,63
169,38	28690,57	-3685679,04	13584219958692,60	62893,29	3955565629,57
-1503,61	2260834,30	-4055936,87	16450623879075,20	70798,53	5012432178,21
-1402,47	1966913,96	-4424420,57	19575497381586,40	77520,84	6009480499,88
3081,29	9494365,96	-4788521,65	22929939612377,20	85397,90	7292801421,71
-1946,09	3787254,99	-5162133,87	26647626133045,00	80397,17	6463705716,62
-2367,49	5604995,15	-5531140,12	30593510981896,70	76634,69	5872875974,05
557,07	310330,22	-5896800,40	34772254931935,50	72987,08	5327113475,00
-766,15	586981,37	-6266708,46	39271634919611,40	62129,39	386060579,85
-1465,68	2148209,35	-6635992,83	44036400862108,30	49323,03	2432761764,51
940,55	884639,76	-7002171,44	49030404925585,40	37545,25	1409645685,03
1564,23	2446824,58	-7370132,61	54318854622987,10	22487,83	505702296,02
144,09	20762,76	-7740137,59	59909729872561,40	4530,83	20528452,34
2495,54	6227734,38	-8106370,98	65713250455093,70	-9833,98	96707176,99
-1836,52	3372795,05	-8479287,88	71898322973731,20	-30378,04	922825480,91
2879,02	8288772,88	-8843157,18	78201428966918,70	-40707,19	1657075459,54
-226,75	51414,25	-9214847,80	84913419887394,40	-57075,03	3257558889,49
-622,87	387963,42	-9583828,76	91849773644464,70	-68408,19	4679680625,80
-41,33	1707,93	-9951832,06	99038961329975,20	-75991,36	5774686508,82
-79,25	6280,10	-10320454,82	106511787710092,00	-81087,72	6575218806,80
	71692661,85		1048607649666810,00		106735286650,20
	1545,88		5912155,98		59647,66

Результат прорахунку

5

Розробка прогнозів споживання паливно-енергетичних ресурсів на заводі



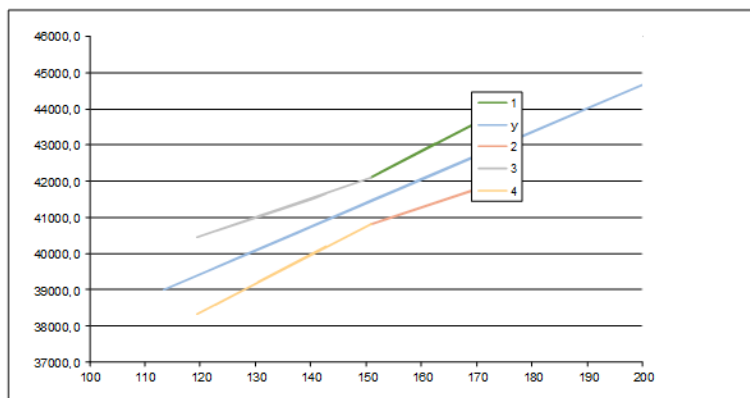
Прогнозуючі функції

Отже, оптимальна прогнозна функція обирається за критерієм мінімального стандартного відхилення, і в цьому випадку найкращим вибором є лінійна функція, оскільки вона забезпечує максимальний коефіцієнт кореляції.

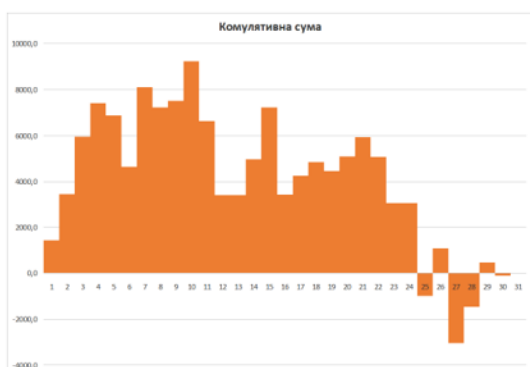
Побудова регресійної моделі споживання електричної енергії на підприємстві

	Довірчий інтервал					
	лінія 1	лінія 2	лінія 3	лінія 4		
1	42099,5	40810,2	0,0	0,0	150,85	0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0
3	43960,7	41997,7	0,0	0,0	174,13	0
4	42125,9	40827,0	0,0	0,0	151,18	0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0
6	0,0	0,0	40459,3	38327,8	0	119,37
7	42099,5	40810,2	0,0	0,0	150,85	0
8	43042,9	41412,1	41128,1	39375,9	162,65	132,48
9	0,0	0,0	40626,6	38590,0	0	122,65
10	42230,6	40893,8	41529,5	40005,1	152,49	140,35
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0
12	0,0	0,0	41646,8	40188,9	0	142,65
13	43672,1	41813,6	0,0	0,0	170,52	0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0	0
15			41028,1	39219,2		130,52
16			0,0	0,0		0
17			0,0	0,0		0

Результат розрахунку довірчих інтервалів



Регресії довірчих інтервалів



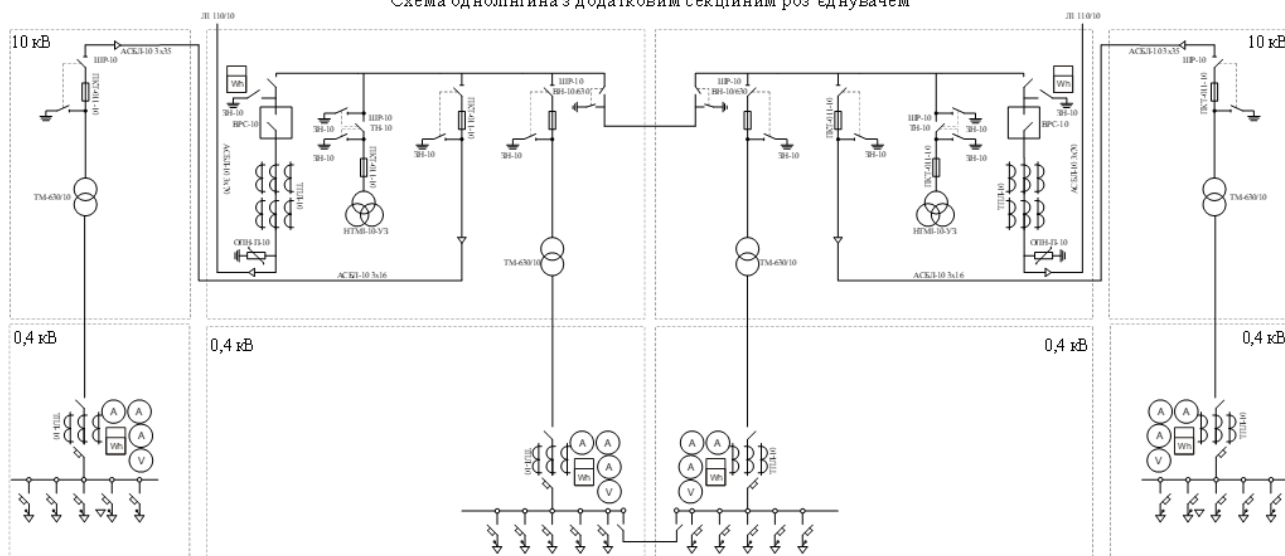
Кумулятивна сума

Здійснено аналіз заходів енергоменеджменту, включаючи створення системи моніторингу, центр обліку електроенергії, математичний аналіз електроспоживання та визначення шляхів підвищення енергоефективності підприємства.

7

Однолінійна схема внутрішньозаводського електропостачання державного підприємства «Бучацький мальтозний завод»

Схема однолінійна з додатковим секційним роз'єднувачем



8

Компенсація споживаної електроенергії шляхом встановлення відновлювальних джерел енергії

Метою підприємства є часткова компенсація споживання електроенергії з мінімальними витратами шляхом будівництва мережевої сонячної електростанції потужністю 400 кВт для забезпечення електроремонтного цеху та встановлення джерела безперебійного живлення для адміністративного персоналу.



Для будівництва сонячної електростанції (СЕС) було обрано наступне обладнання:

Фотомодулі: LONGI LR7-72HGD-600M (600 Вт, ККД 22,2%, 144 фотоелементи, технологія bifacial), всього 680 шт., по 170 на кожен інвертор.

Інвертори: 4 мережевих інвертори Huawei SUN2000-100KTL-M2 (100 кВт, 3 фази, 10 MPPT), що дозволяють оптимізувати роботу панелей.

Система кріплення: для наземної установки — каркас Domino V3-57 XL, для даху — баластний каркас Ant RBS.A1.

Кабелі та роз'єми: кабелі KBE Solar з роз'ємами MC-4 для надійної передачі енергії.

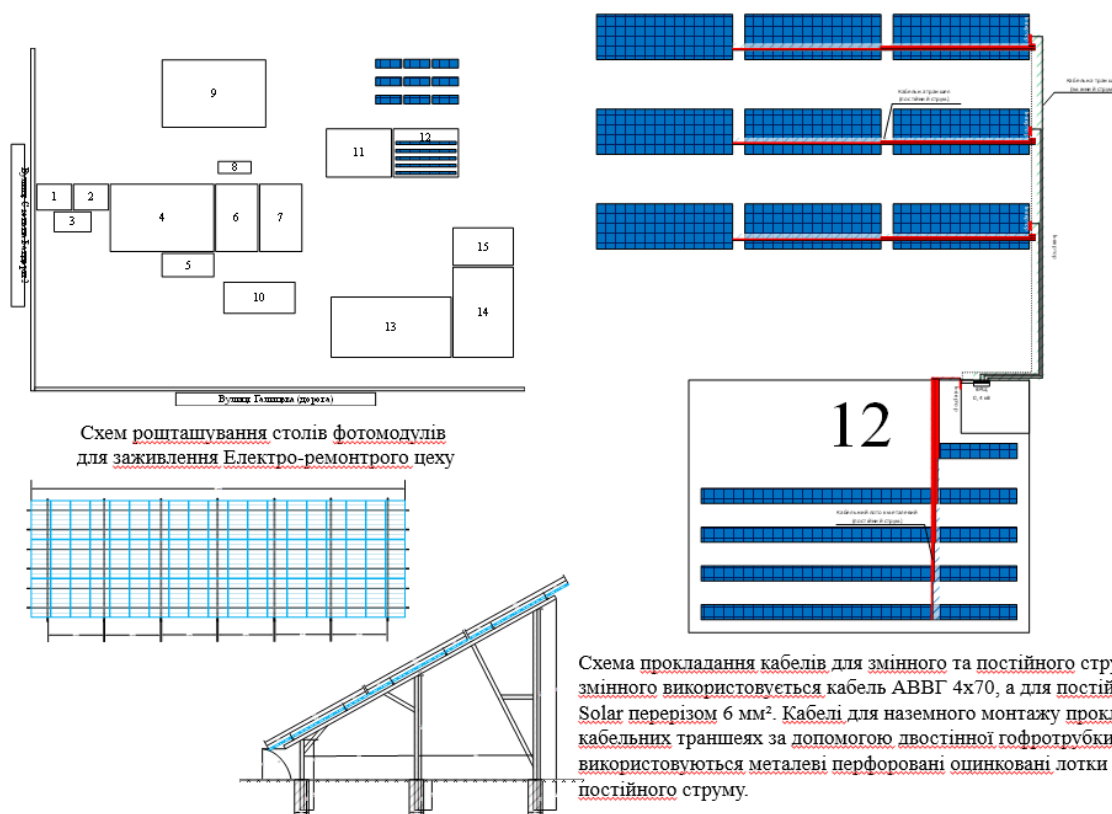
Моніторинг: реєстратор Huawei Smart Logger 3000a з PLC для дистанційного контролю.

Лічильники: Huawei CHiNT DTSU666 Smart Meter з трансформаторами струму для контролю генерації.

Захисне обладнання: автоматичні вимикачі, обмежувачі перенапруги, роз'єднувачі та запобіжники для безпеки роботи системи. Джерело безперебійного живлення: гібридний інвертор DEYE SUN-15K-SG05LP3-EU-SM2 з акумуляторами для забезпечення безперебійної роботи адміністрації та проходної.

Це обладнання забезпечить ефективну роботу сонячної електростанції та безперебійне енергопостачання для підприємства.

Проектування схем розміщення та електричних підключень сонячної електростанції



Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕС, визначено величину капітальних вкладень та плати підприємством за електроенергію. Собівартість електроенергії складає 590,36 коп/кВт·год.

Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустановки і мереж	1956127,55	69,9
Витрати на поточний ремонт	94036,56	3,36
Витрати на амортизацію	188510	6,74
Інші витрати	559669,53	20,00
Разом	2798347,63	100,00

Результати розрахунків основних економічних показників спроектованої СЕС

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
1	2	3	4
Кількість корисно спожитої електроенергії	E_a	31685193,09	кВт·год
1	2	3	4
Річне споживання електроенергії із втратами	E	32060940,87	кВт·год
Плата за електроенергію	P	176335174,8	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	C_n	10723102,2	грн
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	187058277	грн
Собівартість електроенергії	S	590,36	коп/кВт·год

13

Висновок

У процесі аналізу техніко-економічних аспектів електропостачання на Бучацькому мальтозному заводі було визначено ключові напрямки для підвищення енергоефективності підприємства та забезпечення стабільного енергопостачання. Завод використовує складну технологічну лінію, що включає етапи підготовки та обробки сировини, на яких споживаються значні енергетичні ресурси. Однією з головних проблем є наявність перевитрат енергії, що виникають через неефективне управління електроспоживанням. Тому першим важливим кроком було проведення аналізу електроспоживання та побудова математичних моделей, які дозволяють прогнозувати енергетичні витрати підприємства.

Одним з результатів цього аналізу стало визначення низької енергоефективності заводу, що обумовлена перевитратами енергії. Враховуючи технологічні особливості підприємства, запропоновано вжити заходів для оптимізації енергетичних витрат, що дозволить не тільки знизити загальні витрати на електроенергію, але й підвищити якість кінцевого продукту. Впровадження системи енергоменеджменту, яка включає централізований облік електроенергії, а також розробка правил енергоменеджменту для котельні ТОВ ДП «БМЗ», стало важливим етапом у досягненні цієї мети. Створення центру обліку енергії дозволяє підприємству детально аналізувати енергоспоживання і забезпечити можливість постійного моніторингу параметрів енергоефективності. Це дає змогу вчасно виявляти перевитрати та коригувати процеси, що призводять до значної економії.

Окремо була розроблена система, яка дозволяє оцінити економічну ефективність проекту встановлення мережевої сонячної електростанції (СЕС). Проектування СЕС включало підбір необхідного обладнання, таких як інвертори, акумуляторні батареї та кабельні комунікації, що забезпечують максимальну ефективність роботи станції. Визначення терміну окупності СЕС стало важливим етапом, що дозволяє підприємству прорахувати термін повернення інвестицій, а також оцінити потенційні економічні вигоди від впровадження сонячної енергетики. Розрахунки показали, що проект є економічно обґрунтованим і дозволить знизити витрати на електроенергію, що є важливим для підприємства в умовах змінних тарифів на електричну енергію.

Розробка проекту СЕС, оптимізація енергоспоживання та впровадження системи енергоменеджменту дозволяють значно покращити енергоефективність Бучацького мальтозного заводу. Запропоновані заходи не тільки знизять витрати на електроенергію, а й забезпечать енергетичну автономність підприємства, що є важливим аспектом в умовах постійно змінюваних тарифів та нестабільного енергопостачання. Таким чином, реалізація проекту сприятиме зменшенню витрат на електроенергію, підвищенню якості продукції та стабільності роботи підприємства в цілому. Додатково, оптимізація енергетичних витрат дозволить заводу збільшити свою конкурентоспроможність на ринку та підвищити економічну стійкість у довгостроковій перспективі.

Таким чином, загальна реалізація цих заходів дозволить Бучацькому мальтозному заводу досягти високих результатів у сфері енергоефективності та забезпечення стабільного енергопостачання. Зниження витрат на електроенергію, покращення екологічної ситуації та підвищення надійності енергетичних систем сприятимуть підвищенню економічної стійкості та конкурентоспроможності підприємства в умовах сучасного ринку.