

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

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ЗАДЛЯ
ЗБІЛЬШЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ ЖМЕРИНСЬКИЙ ВАГОНОРЕМОНТНИЙ
ЗАВОД «ЕКСПРЕС»

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕМ-22м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

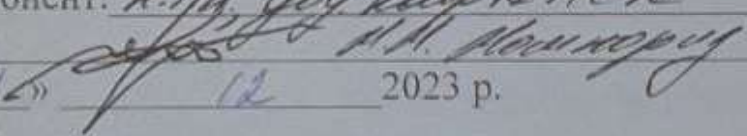
 Гнатюк Д.О.

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

 Шул'є Ю.А.

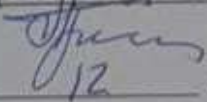
«11» 12 2023 р.

Опонент: к.т.н., доц кафедри ЕМЕСК

 Помарєв Н.М.

«11» 12 2023 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н. професор Бурбелю-М.Й.

 «8» 12 2023 р.

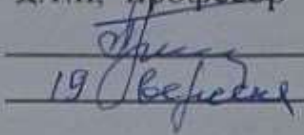
Вінниця 2023

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 – Енергетичний менеджмент

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н., професор

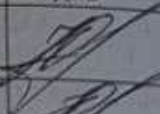





 М. Й. Бурбело
19 вересня 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
ГНАТЮКУ ДМИТРУ ОЛЕГОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)







1. Тема роботи: Впровадження системи сонячних колекторів задля збільшення енергонезалежності Товариства з обмеженою відповідальністю Жмеринський Вагоноремонтний Завод «ЕКСПРЕС»
керівник роботи к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ Шулле Юлія Андріївна
затверджені наказом ВНТУ від « 18 » вересня 2023 р., № 247
2. Термін подання студентом роботи « 04 » грудня 2023 року.
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. Оптимізація системи енергопостачання підприємства. 3. Сонячні колектори як безкоштовне джерело 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.

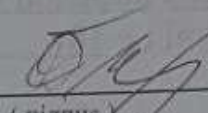
6. Консультанти розділів роботи

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	Кобилянський О. В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання «23» вересня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство	30.09.2023	
2	Оптимізація системи енергорозподілу та енергоспоживання підприємства	14.10.2023	
3	Сонячні колектори як безкоштовне джерело енергії	29.10.2023	
4	Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи	05.11.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.11.2023	
6	Графічна частина	03.12.2023	

Студент  Гнатюк Д.О.
(підпис)

Керівник роботи  Шулле Ю.А.
(підпис)

Нормоконтроль  Войтюк Ю. П.
(підпис)

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 – Енергетичний менеджмент

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н, професор

_____ М. Й. Бурбело

_____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
ГНАТЮКУ ДМИТРУ ОЛЕГОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Впровадження системи сонячних колекторів задля збільшення енергонезалежності Товариства з обмеженою відповідальністю Жмеринський Вагоноремонтний Завод «ЕКСПРЕС»

керівник роботи к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ Шулле Юлія Андріївна
затверджені наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 р., № 247

2. Термін подання студентом роботи «04» грудня 2023 року.

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. Оптимізація системи енергопостачання підприємства. 3. Сонячні колектори як безкоштовне джерело 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. ЕСЕМ		
Економічна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О. В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання «23» вересня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про підприємство	30.09.2023	
2	Оптимізація системи енергорозподілу та енергоспоживання підприємства	14.10.2023	
3	Сонячні колектори як безкоштовне джерело енергії	29.10.2023	
4	Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи	05.11.2023	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	19.11.2023	
6	Графічна частина	03.12.2023	

Студент _____ Гнатюк Д.О.
(підпис)

Керівник роботи _____ Шулле Ю.А.
(підпис)

Нормоконтроль _____ Войтюк Ю. П.
(підпис)

УДК 621.311

АНОТАЦІЯ

Гнатюк Дмитро Олегович. Впровадження системи сонячних колекторів задля збільшення енергонезалежності підприємства товариства з обмеженою відповідальністю Жмеринський вагоноремонтний завод «ЕКСПРЕС». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Вінниця: ВНТУ, 2023. 117 с.

На укр. мові. бібліогр.: 40 назв; рис.: 12; табл.: 28.

В цій магістерській кваліфікаційній роботі було опрацьовано питання покращення системи енергопостачання товариства з обмеженою відповідальністю Жмеринський вагоноремонтний завод «ЕКСПРЕС» шляхом розрахунку та впровадження системи сонячних колекторів.

В роботі було розглянуто питання використання сонячних колекторів для забезпечення зменшення витрат природного газу на опалення та підігрів води. Було визначено оптимальний режим роботи колекторів та обраховано термін окупності. Розраховано основні економічні показники системи електропостачання та опрацьовані заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: сонячні колектори, сонячні електростанції, фотовольтаїчні-термальні станції, система електропостачання, енергозбереження, енергоефективність, завод.

ABSTRACT

Implementation of a solar collector system to increase the energy independence of the enterprise of the limited liability company Zhmerynskyi Carriage Repair Plant «EKSPRES». Master's qualification work in the specialty 141 – Faculty of power engineering and electromechanics. Vinnytsia: VNTU, 2023. 117 p.

In Ukrainian. Bibliography: 40 titles; figures: 12; tables: 28.

In this master's qualification work, the issue of improving the energy supply system of the limited liability company Zhmerynskyi Carriage Repair Plant «EKSPRES» by calculating and implementing a solar collector system was elaborated.

The work considered the use of solar collectors to reduce natural gas consumption for heating and hot water heating. The optimal operating mode of the collectors was determined and the payback period was calculated. The main economic indicators of the power supply system were calculated and measures for labor protection and safety in emergency situations were developed.

Key words: solar collectors, solar power stations, PV/T stations, power supply system, energy saving, energy efficiency, factory.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО	11
1.1 Характеристика підприємства	11
1.2 Аналіз попередньо отриманої інформації	21
1.3 Висновки до розділу	25
2 ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОРОЗПОДІЛУ ТА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА	27
2.1 Техніко-економічний аналіз впровадження заходів з підвищення економії енергетичних ресурсів	27
2.2 Висновки до розділу	42
3 СОНЯЧНІ КОЛЕКТОРИ ЯК БЕЗКОШТОВНЕ ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ	43
3.1 Перспективи впровадження системи сонячних колекторів	43
3.2 Висновки до розділу	58
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	60
4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи	60
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	62
4.3 Розрахунок поточних витрат	65
4.4 Розрахунок собівартості електроенергії	75
4.5 Висновки до розділу	76
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	77
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	77
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	81
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи сонячних колекторів на території ТОВ ЖВРЗ «ЕКСПРЕС» в умовах дії загрозливих чинників при надзвичайних ситуаціях.	85
5.5 Висновки до розділу	92
ВИСНОВКИ	94

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	96
ДОДАТКИ	101
Додаток А – Технічне завдання	102
Додаток Б – Вихідні дані	105
Додаток В – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	107
Додаток Г – Однолінійна схема електропостачання підприємства	108
Додаток Д – Матеріали роботи	109

ВСТУП

Актуальність теми. Встановлення сонячних колекторів на підприємстві не лише дозволяє знизити витрати на тепло- та електроенергію але й має значущий вплив на енергонезалежність підприємства, особливо в умовах геополітичних нестабільностей та коливань на ринку енергоресурсів. Забезпечуючи стабільне джерело тепла та гарячої води, сонячні колектори допомагають знизити ризики, пов'язані із змінами в постачанні енергії, а також забезпечують незалежність від коливань цін на енергоресурси. Ця енергонезалежність, у поєднанні з екологічною відповідальністю та зменшенням викидів, робить встановлення сонячних колекторів важливим кроком в напрямку сталого та надійного функціонування підприємства у сучасних умовах.

Ця магістерська робота намагається дослідити одне з рішень проблеми енергонезалежності підприємства – інтеграцію сонячних колекторів в операційну структуру вагоноремонтного заводу. Дана актуальна задача буде реалізована задачею шляхом оптимізації самої системи електропостачання, а саме вибором:

- найкращих варіантів економії паливно-енергетичних ресурсів;
- оптимальних режимів роботи наявних систем споживання енергії;
- зразкових систем сонячних колекторів.

Мета і завдання дослідження. Метою даної магістерської кваліфікаційної роботи є оптимізація наявної системи енергопостачання ТОВ ЖВРЗ «ЕКСПРЕС» шляхом часткової модернізації наявних систем розподілу та споживання електро-, тепло- та інших видів енергії.

Для того щоб досягнути мети у цій роботі розв'язуються задачі:

- аналізу та покращення наявних систем енергорозподілу;
- здійснення розрахунку оптимальних варіантів енергозаощадження з ґрунтовним аналізом наслідків;
- Впровадження системи сонячних колекторів та подальший економічний аналіз впливу даної системи на існуючу систему теплорозподілу;

– Перевірка вірності розрахунків за допомогою незалежних методів задля об'єктивізації отриманих результатів.

Об'єкт дослідження – система енергопостачання товариства з обмеженою відповідальністю Жмеринський вагоноремонтний завод «ЕКСПРЕС».

Предмет дослідження – аналіз та перевірка схеми енергопостачання та методи використання ПЕР на можливості модернізації та економії енергоресурсу на ТОВ ЖВРЗ «ЕКСПРЕС» шляхом впровадження сонячних колекторів.

Наукова новизна одержаних результатів. Для збільшення енергетичної незалежності підприємства було обрано встановлення системи колекторів використовуючи сучасні підходи до обрахунку найкращих варіантів шляхом моделювання різних фінальних варіантів розрахунків.

Практичне значення одержаних результатів: Практичне впровадження розглянутої системи є універсальною можливістю модернізувати систему опалення/використання теплої води у домогосподарстві та/або підприємстві та швидко окупити систему. Також данна система може використовуватися на будь якій широті нашої планети, тобто дослідження та впровадження системи сонячних колекторів не обмежується територією України.

Апробація результатів роботи: Основні теоретичні положення й найвагоміші практичні результати виконаного дослідження було висвітлено на всеукраїнській та міжнародній науково-технічній конференції та на науково-технічних конференціях факультету електроенергетики та електромеханіки у 2019, 2021, 2022 та 2023 роках. За результатами досліджень нами було опубліковано тези доповідей [30, 31, 32, 33, 40, 41].

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПІДПРИЄМСТВО

Як основний матеріал для обрахунку було взято енергоаудиторський звіт, проведений під час переддипломної практики.

Було проведено обстеження об'єкта для отримання необхідної інформації для подальшого поглибленого аналізу, отримані данні наведені нижче.

1.1 Характеристика підприємства

1. Галузь промисловості

ТОВ ЖВРЗ «ЕКСПРЕС» було та залишається містоутворюючим підприємством, завод відноситься до галузі важкої промисловості та машинобудування.

2. Юридична адреса підприємства

Україна, 23100,

Вінницька обл.,

м. Жмеринка,

вул. Шекінська, 1

т. (04332) 2-00-10

3. Форма власності

Підприємство належить до приватної власності.

4. Коротка історія підприємства

Завод було засновано у 1870 році, і він є одним із найстаріших вагоноремонтних заводів у Європі. У другій половині 2000-х років Жмеринській вагоноремонтний завод (ЖВРЗ) почав розвиватися дуже швидко, особливо якщо врахувати, що він майже не працював у 1990-х роках. Наразі земельний фонд підприємства становить понад 15 гектарів, що відповідає 32 тисячам квадратних метрів виробничих площ основних та обслуговуючих цехів.

Для відстою вагонів є власні залізничні шляхи, а також власний маневровий тепловоз ТГМ4 для оперативної подачі та прибирання вагонів у ремонтні майстерні та скорочення простою вагона у ремонті, також на нього

встановлено новий дизельний двигун ЯМЗ-238-М2-2 потужністю 240 л., що дозволяє заощаджувати ПММ. У власності заводу знаходиться кран марки «КЖДЭ-25», що надає додаткової мобільності та економії часу, оскільки не потрібно замовляти кран у підрядної організації.

Цехи Жмеринського вагоноремонтного заводу

Жмеринський вагоноремонтний завод (ЖВРЗ) має на своїй території комплекс цехів, які забезпечують повний цикл ремонту та обслуговування залізничних вагонів.

До складу заводу входять такі цехи:

- Адміністративний - забезпечує управління та координацію роботи заводу.
- Вагонозбірний (ВЗЦ) - здійснює ремонт та виготовлення вагонних кузовів.
- Колісний - ремонтує колісні пари вагонів.
- Інструментальний - виготовляє та ремонтує інструменти та пристосування, необхідні для ремонту вагонів.
- Візковий - ремонтує візки вагонів.
- Малярний - виконує фарбування вагонів.
- Ковальська дільниця - виконує зварювальні та ковальські роботи.
- Цех з плазмовим різакром - здійснює плазмове різання металу.
- Піскоструминна дільниця - здійснює піскоструминне очищення металу.
- Енерго-ремонтна силова дільниця (ЕРСД) - забезпечує електропостачання заводу та ремонтує електрообладнання.
- Підстанції 10/0.4 - забезпечують перетворення електричної енергії з високої напруги в низьку.
- Компресорна станція - забезпечує виробництво повітря для пневматичних інструментів.
- Склади - призначені для зберігання матеріалів, запасних частин та готової продукції.

Цехи ЖВРЗ оснащені сучасним обладнанням, що дозволяє виконувати ремонт вагонів на високому рівні. Завод має потужність ремонту до 2000 вагонів на рік.

На сьогоднішній день ТОВ «Жмеринський вагоноремонтний завод «Експрес» здатний виконувати такі види робіт:

1. Деповський ремонт критого вагона, напіввагона, платформи, цистерни (без ремонту котла), окатишевоза, цементовоза, зерновоза, думпкара, коксовоза.

2. Капітальний ремонт критого вагона, напіввагона, платформи, цистерни (без ремонту котла), окатишевоза, цементовоза, зерновоза, думпкара, коксовоза.

3. Робота по капітальному ремонту усіх типів вагонів з продовженням терміну експлуатації.

4. Ремонт колісних пар: повне опосвідчення зі зміною елементів, повне опосвідчення без заміни елементів, проміжна ревізія, проміжна ревізія з обточкою, переформування колісних пар без буксових вузлів.

5. Ремонт та формування колісних пар моторних та причіпних вагонів (колісних пар підтримуючого візка) дизель-потягів серії Д-1 і ДР-1 (всіх індексів), електропоїздів ЕР2, ЕР9 (всіх індексів), ЕПЛ2, ЕПЛЯ (всіх індексів), ЕД2, ЕД9. Ремонт колісних пар РУ1-957-11, РУШ-957-П для рейкового рухомого складу колії 1520 мм і колії 1435 мм (у тому числі - колісних пар з редуктором від середньої частини осі), виробництва з виготовлення колісних пар рухомого складу типу РУ1-957-П, РУШ-957-П, РУ1-957-Г, РУШ-957-Г, РВ2Ш-957-Г з профілем кочення за ГОСТ 9036-88 і з нелінійним профілем кочення ІТМ-73 і ІТМ-73-01 за технічними вимогами 05539962.078 ТТ та з буксовими вузлами, обладнаними підшипниками кочення (у тому числі - касетними, дуплексними тощо).

6. Деповський (ДР), капітальний (КР-1, КР-2, КР-2М), капітально-відновлювальний ремонт (КРП, КВР) та модернізація дизель-потягів Д-1 та ДР-1 та інше.

Характеристики систем підприємства, котрі пов'язані з використанням паливно-енергетичних ресурсів

На підприємстві діють наступні системи: система теплопостачання, система електропостачання, система вентиляції, система постачання стисненого повітря, система водопостачання та каналізації, система освітлення.

Відомості про електричні навантаження підприємства .

До основних споживачів електроенергії ТОВ «ЕКСПРЕС» належать 12 об'єктів, серед яких є виробничі та адміністративні будівлі. На рис. 1.1 наведено план розташування будівель підприємства, значення встановлених потужностей заводу наведено в табл. 1.1.

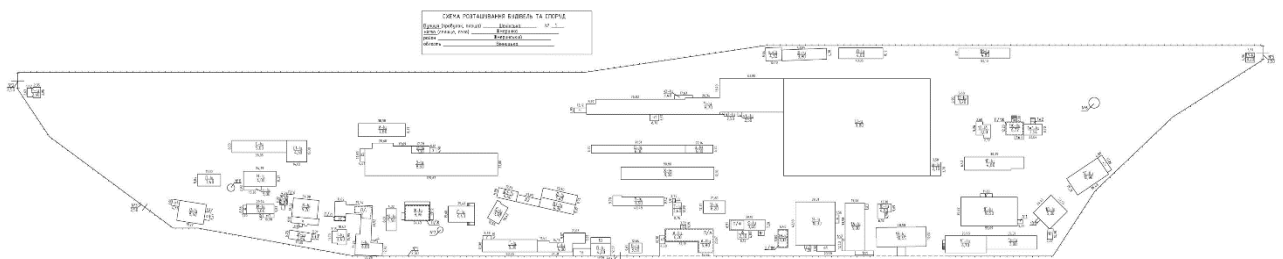


Рисунок 1.1 – Генеральний план заводу

ТОВ «ЕКСПРЕС» живиться від підстанції ПС «Жмеринка» 110/35/10кВ та «Жмеринка-тягова ПС «Подільська» 110/27,5/10кВ» повітряною лінією і кабельною лінією відповідно.

Таблиця 1.1 – Встановлені потужності об'єктів електроспоживання підприємства

	Споживачі	Р _м , кВт
1	Механічний цех	388,45
2	Ливарний цех	500,26
3	Насосна станція	895
4	Блок допоміжних служб	141,98
5	Побутовий корпус	265,6
6	Адмінкорпус	203,93
7	Їдальня	272,06
8	Ковальський цех	1869
9	Механоскладальний цех №1	2975,6
10	Механоскладальний цех №2	3395,5
11	Механоскладальний цех №3	2451,9
12	Складальний цех	814,02

Зробивши аналіз електроспоживання виходячи з показів вимірювальних приладів можна чітко спостерігати, що в найбільш завантажених змінах найбільші із середніх півгодинних активних та реактивних потужностей підприємства складають, відповідно $P_{\text{макс}} = 3660$ кВт, $Q_{\text{макс}} = 180$ квар.

В табл. 1.2 можна побачити опис основних електричних споживачів підприємства.

Таблиця 1.2 – Електроприймачі підприємства

	Споживачі	Споживачі
1	Механічний цех	Електроприводи, освітлення, кран-балка
2	Ливарний цех	Освітлення, різачи для металу
3	Насосна станція	Освітлення, насоси.
4	Блок допоміжних служб	Освітлення, компресори, вентилятори, насоси
5	Побутовий корпус	Побутова техніка, офісна техніка, освітлення, електроплити, вентилятори.
6	Адмінкорпус	Побутова техніка, освітлення, офісна техніка, електроплити, вентилятори.
7	Їдальня	Побутова техніка, освітлення, електроплити, офісна техніка, вентилятори.
8	Ковальський цех	Електропечі, кран-балки, домкрати
9	Механоскладальний цех №1	Електроприводи, кран-балка, освітлення, зварювальні апарати
10	Механоскладальний цех №2	Електроприводи, зварювальні апарати освітлення, кран-балка
11	Механоскладальний цех №3	Електроприводи, кран-балка, освітлення, зварювальні апарати
12	Складальний цех	Електроприводи, освітлення, кран-балка, зварювальні апарати

Система постачання теплової енергії (опалення).

Система тепlopостачання являє собою котельню з твердопаливними та газовими котлами для виробництва теплової енергії для опалення виробничих приміщень. Тепло передається в приміщення шляхом конвективного теплообміну за допомогою сталевих радіаторів опалення та за допомогою чавунних секційних радіаторів. Трубопроводи водопостачання гарячою водою виконані із сталевих ізольованих труб. Термін їх роботи становить 25 років.

Система освітлення.

Система освітлення не виробничих, та частково робочих приміщень характеризується значною кількістю ламп розжарювання. В складських і промислових приміщеннях використовуються: люмінесцентні лампи, лампи розжарювання, МГЛ, ртутні та світлодіодні лампи. В останні роки відбувалася поступова модернізація шляхом переходу на LED освітлення

Система водопостачання.

Підприємство має власну систему водопостачання: артезіанську скважину, насоси, місцеву каналізаційну станцію та безшатрову цегляну водонапірну вежу проєкту 901-5-23/70 яка розрахована на зберігання 200 м³ води з додатковим цегляним обнесенням сталевого резервуару з водою.

Система постачання стисненого повітря.

Наявні компресорні установки, потужність яких варіюється від 15 до 110 кВт. Наприклад гвинтовий маслозаповнений компресор CompAir L110 110кВт

Система вентиляції та кондиціонування.

Представлена вентиляційними установками та кондиціонерами, потужністю від 1,5 до 15 кВт.

5. Режим роботи підприємства

Більшість працівників мають нормований робочий день в одну зміну. Робота першої зміни починається з 8:00 і триває до 17:00. Друга зміна має розклад з 17:00 до 00:00. Третя зміна - з 00:00 до 08:00

6. Номенклатура та об'єми виробництва

З обсягами виробництва продукції можна ознайомитись в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Обсяги виробництва продукції

Найменування продукції	Кількість, вартість	Обсяги виробництва		
		2018 р.	2019 р.	2020 р.
Вагони	шт.	2210	3615	4295
Дохід	грн.	22 100 000	36 150 000	42 950 000

7. Фінансовий стан підприємства

Жмеринський вагоноремонтний завод (ЖВРЗ) має міцну фінансову базу. Підприємство не має заборгованості з зарплати та за енергоносії. Це свідчить про те, що завод має стабільний фінансовий стан і може своєчасно виконувати свої зобов'язання.

Крім того, ЖВРЗ активно працює над розширенням ринку збуту. Завод співпрацює з підприємствами залізничного транспорту в Україні та за кордоном. Це дозволяє заводу збільшувати обсяги виробництва та продажів.

Як результат, чистий дохід ЖВРЗ щороку зростає. Це свідчить про те, що завод є успішним підприємством, який має перспективи розвитку.

8. Кількість працівників

Згідно відкритих джерел чисельність працівників підприємства на 2023 р. складає 489 осіб.

9. Щорічне споживання ПЕР

На ТОВ ЖВРЗ «ЕКСПРЕС» використовуються природний газ, вода, електроенергія. Дані про використання наведених ПЕР наведено у таблицях 1.4 та 1.5.

Таблиця 1.4 – Сумарне споживання енергоносіїв і їх вартість за даними на 2015 р.

Енергоносіїв	Споживання за рік	Річні витрати, грн.
Активна електроенергія	1007146 кВт·год.	5 121 337, 41
Реактивна електроенергія	372346,9 квар·год.	1 233 582, 46
Природний газ	73280 м ³	2 270 780

Таблиця 1.5 – Отримані дані про помісячне споживання електроенергії та природного газу підприємством за 2015 р.

Місяць	Споживання активної електроенергії, Еа, кВт·год.	Споживання реактивної електроенергії, Ер, квар·год.	Споживання газу, м ³
Січень	82191,78	87705,03	6000
Лютий	80821,92	65291,52	6237
Березень	89954,34	71706,98	6247
Квітень	83470,32	92090,28	5943
Травень	77694,06	82751,32	6420
Червень	80890,41	84456,7	6048
Липень	81210,05	91603,03	5480
Серпень	83242,01	93145,99	6440
Вересень	79406,39	76579,49	6615
Жовтень	88721,46	93308,41	5840
Листопад	88561,64	79584,2	6300
Грудень	90981,74	88923,16	5700
Разом	1007146	372346,9	73280

10. Система тарифів на енергоносії, що їх використовує підприємство ТОВ Жмеринський вагоноремонтний завод «ЕКСПРЕС» сплачує за природний газ за ціною 31 грн./1 м³.

Тариф на водовідведення становить 4,99 грн./м³.

Тариф на активну електроенергію складає 5,085 грн./кВт·год.

На підприємстві впроваджено облік перетіків реактивної електроенергії між постачальником і споживачем. Розмір плати за реактивну електроенергію визначається відповідно до методики розрахунків, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України.

11. Наявність системи обліку та контролю енергоспоживання і характеристика систем

Система комерційного обліку електроенергії представлена електронним багатофункціональним лічильником електричної енергії ACE 6000. Цей лічильник приєднаний через трансформатори струму та напруги до шин розподільного пункту (РП) підприємства з напругою 10 кВ.

Лічильник ACE 6000 має наступні характеристики:

- Вимірює активну та реактивну енергію, потужність, струм, напругу, частоту, коефіцієнт потужності, температуру навколишнього середовища.
- Має вбудований модем для передачі даних до енергопостачальної організації.
- Можлива передача даних через GPRS, 3G, 4G, Ethernet.
- Система диспетчерського контролю та управління енергопостачанням

Система диспетчерського контролю та управління енергопостачанням (SCADA) забезпечує моніторинг та управління роботою системи електропостачання підприємства.

Система SCADA складається з наступних елементів:

- Центральний сервер, який забезпечує обробку та зберігання даних з системи електропостачання.
- Диспетчерські пульти, які дозволяють диспетчерам відстежувати стан системи електропостачання та управляти нею.

- Прилади та датчики, які вимірюють параметри системи електропостачання.

Система SCADA дозволяє:

- Відстежувати стан системи електропостачання в режимі реального часу.
- Виявляти та усувати несправності в системі електропостачання.
- Оптимізувати роботу системи електропостачання.
- Система автоматизації виробництва

12. Інформація про наявні енергетичні аудити підприємства якщо такі були проведені

Енергетичні аудити на підприємстві раніше не проводились.

Для допомоги в обстеженні підприємства було дозволено залучати весь склад персоналу відділу головного енергетика.

1.2 Аналіз попередньо отриманої інформації

1. На заводі виробляються вироби, що дозволяють розрахувати норми використання енергоресурсів (ПЕР) та порівняти їх з аналогічними показниками на інших заводах. Крім того, це надає можливість визначити потенційні покращення в нормах після впровадження заходів з енергозбереження.

2. На підприємстві наразі діє одноставковий тариф на електроенергію. Отримана та проаналізована інформація дозволяє нам визначити ефективність коригування добового графіка навантаження, і також оцінити перспективи переходу на інші види тарифів.

3. Система контролю енергоспоживання та система обліку електроенергії обмежені лічильниками активної та реактивної енергії на вводі РП. Існують і лічильники технічного обліку. Отже, доцільно розглянути можливість впровадження додаткових засобів контролю та обліку енергоносіїв для забезпечення виконання норм використання ПЕР та виявлення неефективного використання ресурсів. Впровадження таких

засобів може сприяти перевірці необхідності запровадження системи енергетичного менеджменту, яка поки відсутня. Відсутність контролю ефективності використання обладнання вказує на необхідність розгляду впровадження приладового контролю для досягнення економії енергоресурсів на підприємстві.

На підприємстві можна виділити наступні системи (розташуємо їх в напрямку від найбільш до найменш енергоємних): електропостачання, теплопостачання, освітлення.

Розбиття комплексної системи на підсистеми (з зазначенням результатів аналізу).

Система постачання електричної енергії

- Підсистема вироблення енергії: трансформатор (зменшення втрат електроенергії при впровадженні використання системи КРП).
- Підсистема розподілу, це перетворення і передача енергії: лінії електропередач (зниження втрат в лініях після КРП).
- Підсистема споживання: електроприводи виробничих машин (покращити можна шляхом зниження споживання реактивної енергії внаслідок впровадження КРП, визначення коефіцієнтів завантаження і оптимізація завантаження електроприводів).

Система постачання теплової енергії

- Підсистема вироблення теплоенергії: котел (впровадження сонячних панелей та колекторів, утилізація тепла димових газів в котельні, використання частотних перетворювачів для живлення циркуляційних насосів).
- Підсистема передачі, перетворення і розподілу енергії: трубопроводи (термоізоляція трубопроводів).
- Підсистема навантаження теплосистеми: радіатори (Оцінка результативності переходу від водяної системи опалення, зокрема для приміщень з великою площею, на інші технології, такі як інфрачервоні обігрівачі.).

Система освітлення

- Заміна ламп у світильниках на більш ефективні: лампи розжарювання на світлодіодні (в адміністративному корпусі та деяких інших місцях підприємства), дугові ртутні та люмінесцентні лампи на світлодіодні (в складському приміщенні, в системі зовнішнього освітлення). Також необхідно перевірити ефективність реалізації систем освітлення з іншими типами ламп.

Можливі заходи з енергозбереження

Використовуючи аналіз отриманої інформації підприємству було запропоновано перевірити ефективність застосування нижчевикладених заходів з енергозбереження.

1. Перевірка ефективності впровадження установок КРП.

Впровадження установок КРП для зниження споживання реактивної електроенергії: оцінка економічної та енергетичної ефективності.

2. Перевірка ефективності заміни МГЛ ламп на LED в системі зовнішнього освітлення, а також ламп розжарювання на люмінесцентні в адміністративному корпусі та деяких інших місцях підприємства, а також дугових ртутних та люмінесцентних ламп на світлодіодні в складському приміщенні та в системі зовнішнього освітлення.

3. Перевірка ефективності заміни системи водяного опалення в цехах з великими площами і невеликою кількістю виробничого персоналу на систему інфрачервоного опалення.

4. Перевірка ефективності встановлення частотних перетворювачів напруги для електропостачання двигунів циркуляційних насосів котельні, оскільки на момент перевірки встановлено, що продуктивність насосів регулюється за допомогою засувки.

Попередній аналіз запропонованих заходів збереження енергоресурсів

1. Підприємство споживає реактивну енергію $W_p = 372346,9$ квар·год., за яку воно сплачує $C = 1233582,5$ грн.

Виходячи з того, що експериментально обрховане значення максимальної реактивної потужності підприємства за півгодини складає 180 квар, то, за необхідності максимальної КРП, є доцільним встановлення компенсувальної установки такої ж потужності. Орієнтовна вартість установки КРП, потужністю 200 квар, враховуючи витрати на введення в експлуатацію, складає $B_{\text{кв}} = 63549,60$ грн. В розглянутому випадку, простий термін окупності компенсаційної установки буде складати

$$T = \frac{B_{\text{кв}}}{C} = \frac{63549,6}{1233582,5} = 0,051$$

(1.1)

Термін окупності установки КРП може бути ще нижчим, оскільки використання КРП не тільки знижує оплату за спожиту реактивну енергію, а й за втрати активної енергії в лініях та трансформаторах. Це пов'язано з тим, що облік електроенергії відбувається зі сторони високої напруги на РП.

Таким чином, компенсація реактивної потужності на підприємстві є актуальною і проведення її більш точного техніко-економічного обґрунтування є доцільним.

2. Результат опитування експертів і багато техніко-економічних розрахунків[36] показують ефективність використання люмінесцентних ламп замість ламп розжарювання. Тому необхідно провести техніко-економічне обґрунтування системи освітлення, зокрема перевірку ефективності заміни ламп розжарення в адміністративному корпусі на люмінесцентні. Також доцільно провести перевірку ефективності заміни ламп ДРЛ на натрієві[37], що є більш економічними, або переглянути можливість заміни на LED світильники.

3. У цехах із великими площами та обмеженою кількістю працівників система водяного опалення виявляється неефективною у плані обігріву значної площі. Рекомендації від експертів свідчать про

цілеспрямованість встановлення локальних систем обігріву, зокрема застосування інфрачервоних обігрівачів у таких ситуаціях.

4. Дані статистики вказують, що використання частотних перетворювачів для регулювання швидкості електроприводів насосів у системах опалення порівняно з використанням засувки призводить до значної економії електроенергії у межах 10-30%.

1.3 Висновки до розділу 1

Під час аналізу ТОВ Жмеринський вагоноремонтний завод «ЕКСПРЕС» виявлено, що підприємство активно функціонує та має стійкі ринкові позиції для своєї продукції. Виробничі потужності використовують електричну, теплову енергію та газ. Серед значущих електроспоживачів — виробничі механізми з асинхронними двигунами, котельня, компресорні та освітлювальні установки.

Асинхронні двигуни є великими споживачами як активної, так і реактивної енергії. З урахуванням річного споживання близько 1007 МВт·год активної та 0,37 Мвар·год реактивної електроенергії виникає необхідність перевірки ефективності встановлення компенсаційних засобів для реактивної потужності. Розрахунки показали, що впровадження системи КРП призведе до економії понад 400 000 грн щорічно, а засоби компенсації окупляться протягом року.

Сучасні тенденції енергозбереження свідчать про те, що заміна ламп розжарювання на LED у виробничих приміщеннях може бути вигідною для підприємства. Це пов'язано з тим, що LED-лампи споживають значно менше електроенергії, ніж лампи розжарювання, а також забезпечують більш якісне освітлення, яке зменшує втому зору працівників і підвищує їхню продуктивність.

Актуальною задачею є перевірка ефективності заміни ДРЛ, які використовуються як у складських приміщеннях так і у системі зовнішнього освітлення, на LED, які характеризуються більшою світловіддачею, тобто економніші [37].

Модернізація водяної системи опалення цехів підприємства зі значними площами і невеликою кількістю виробничого персоналу є важливою енергоощадною рекомендацією. Це пояснюється тим, що стіни приміщення не утеплені, а тому велика частина теплової енергії йде на обігрів зовнішнього простору. Крім того, в цехах є значні площі, в яких не працюють люди, що також призводить до неефективного використання теплової енергії. Пропонується замінити водяну систему опалення на систему інфрачервоного опалення, яка більш ефективно обігріває конкретні площі, в яких працюють люди[39].

Регулювання продуктивності електроприводів насосів системи теплопостачання за допомогою засувок є неефективним. Сучасні частотні перетворювачі дозволяють плавно та економічно регулювати швидкість двигунів насосів, що забезпечує економію електроенергії до 30%.

2 ОПТИМІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГОРОЗПОДІЛУ ТА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Техніко-економічний аналіз впровадження заходів з підвищення економії енергетичних ресурсів

Оцінка ефективності впровадження компенсаційних засобів для реактивної потужності (КРП) є важливою та поширеною задачею. Це зумовлено значною кількістю реактивних навантажень на багатьох підприємствах, таких як електроприводи та системи освітлення. Для проведення такої оцінки необхідно створити електричну схему заміщення відповідно до однолінійної схеми системи електропостачання підприємства.

На рисунку 2.1 наведено однолінійну схему системи електропостачання ТОВ Жмеринський вагоноремонтний завод «ЕКСПРЕС», яка містить наступні елементи: РП, точку приєднання до підстанції енергосистеми напругою 10 кВ та усі трансформаторні підстанції.

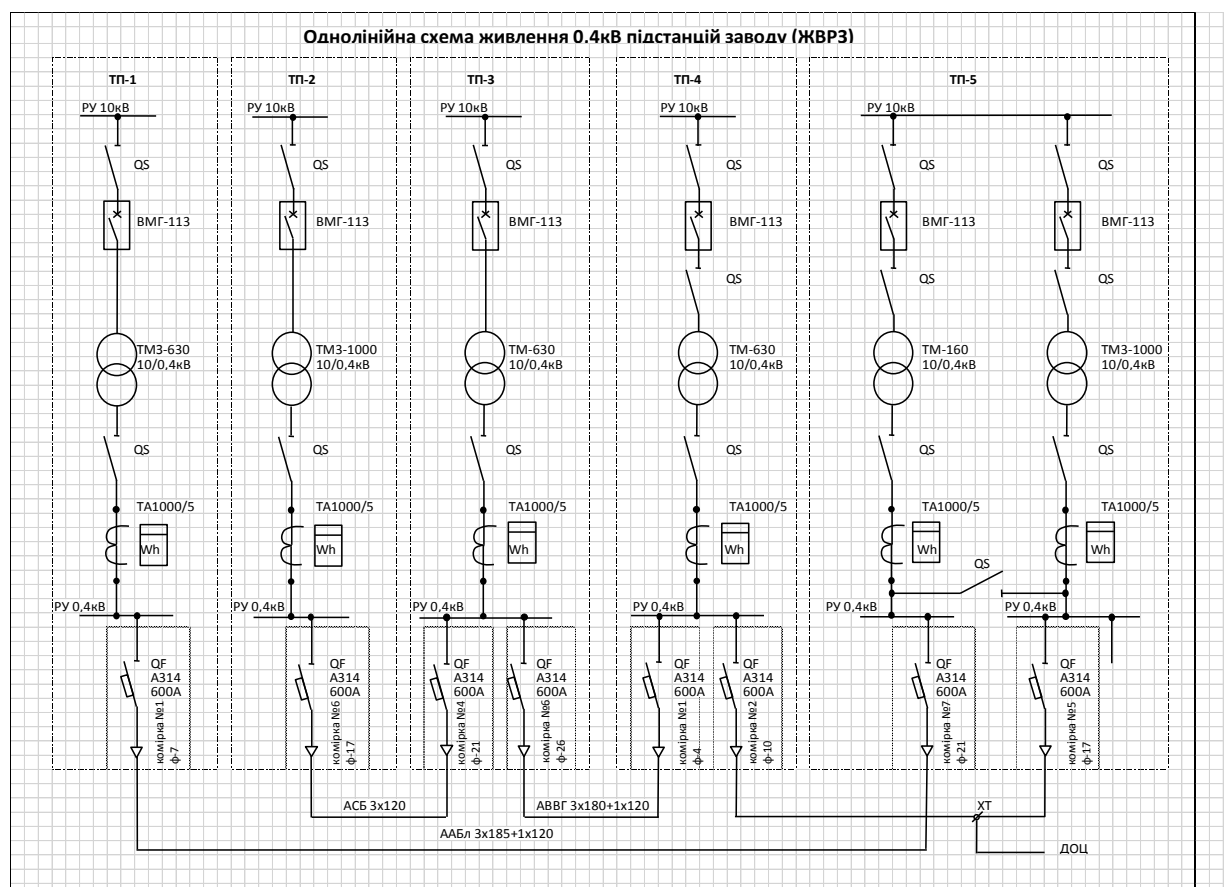


Рисунок 2.1 – Однолінійна схема системи електропостачання підприємства

Алгоритм перевірки наведений нижче.

1. Ефективність використання компенсації реактивної потужності на підприємстві можна виразити як:

$$T = \frac{K}{E}, [\text{роки}] \quad (2.1)$$

де T – це термін окупності системи КРП, років;

K – це капіталовкладення в систему КРП, грн.;

E – це економія грошей через підключення системи КРП, грн.

2. Визначення економії коштів внаслідок впровадження системи КРП.

Економія коштів є різницею між витратами, які є пов'язані з протіканням реактивної потужності в мережі підприємства до встановлення установок КРП ($V^{\text{до}}$) та відповідно після їх встановлення ($V^{\text{після}}$):

$$E = V^{\text{до}} - V^{\text{після}}, [\text{грн}]. \quad (2.2)$$

Витрати до та після застосування конденсаторних установок мають такі складові:

$$V^{\text{до}} = V_{\text{втр}}^{\text{до}} + V_{\text{впр}}^{\text{до}}, [\text{грн}] \quad (2.3)$$

$$V^{\text{після}} = V_{\text{втр}}^{\text{після}} + V_{\text{впр}}^{\text{після}} + V_{\text{втр}}^{\text{БК}}, [\text{грн}] \quad (2.4)$$

де $V_{\text{втр}}^{\text{до}} = \sum_{i=1}^n \Delta W_i^{\text{до}} \cdot C_{\text{wa}}$, а $V_{\text{втр}}^{\text{після}} = \sum_{i=1}^n \Delta W_i^{\text{після}} \cdot C_{\text{wa}}$ – це вартість втрат активної

енергії в n -ій кількості елементів системи електропостачання (СЕР);

$\Delta W_i^{\text{до}}$, $\Delta W_i^{\text{після}}$ – це наші втрати активної енергії в i -му елементі СЕР;

C_{wa} – це тариф на електроенергію, грн./(кВт·год.);

$$B_{\text{втр}}^{\text{БК}} = \sum_{j=1}^m \Delta W_j^{\text{БК}} \cdot C_{\text{Wa}} \quad - \text{це є вартість втрат активної ел.енергії в батареях}$$

статичних конденсаторів КУ;

$B_{\text{Wp}}^{\text{до}}$, $B_{\text{Wp}}^{\text{після}}$ – вартість перетоків реактивної електроенергії між споживачем та енергопостачальною організацією, що, згідно з [12], визначається за наступним виразом:

$$B_{\text{Wp}} = B_1 + B_2 - B_3, [\text{грн}] \quad (2.5)$$

А складові виразу (5) в свою чергу, можна виразити наступною формулою:

$$B_1 = (W_p^{\text{сп}} + K \cdot W_p^{\text{ген}}) \cdot D \cdot C_{\text{Wa}}, [\text{грн}] \quad (2.6)$$

де $W_p^{\text{сп}}$ – реактивна енергія яка споживається в точці обліку, квар·год.;

$W_p^{\text{ген}}$ – це є генерована реактивна енергія у точці обліку, квар·год.;

$K = 3$ – Коефіцієнт врахування збитків енергопостачальної організації внаслідок генерації реактивної електроенергії.;

D – Економічний еквівалент реактивної потужності (ЕЕРП) - це величина, яка показує, як зміна реактивної потужності впливає на втрати активної потужності в розрахунковому режимі, кВт/квар.;

$$B_2 = B_1 \cdot C_{\text{БАЗ}} \cdot (K_j - 1), [\text{грн}] \quad (2.7)$$

де B_2 – націнка за недостатнє оснащення електричної мережі споживача засобами КРП, яка стягується у випадку, якщо середній коефіцієнт реактивної потужності споживача протягом розрахункового періоду.

$\text{tg}\varphi > 0,25$ – для промислових споживачів і для непромислових споживачів
 $\text{tg}\varphi > 0,75$;

$C_{\text{БАЗ}} = 1,3$ – це нормативне базове значення коефіцієнта стимулювання

капітальних вкладень в засоби компенсації в електричних мережах;

K_ϕ – коефіцієнт, який можна обрахувати за виразами:

– для промислових споживачів:

$$K_\phi = (\operatorname{tg} \phi - 0,25)^2 + 1 \quad (2.8)$$

– для непромислових споживачів:

$$K_\phi = (\operatorname{tg} \phi - 0,75)^2 + 1 \quad (2.9)$$

Значення коефіцієнта реактивної потужності споживача в середньому за розрахунковий період визначається як відношення споживаних, відповідно, активної та реактивної електроенергії:

$$\operatorname{tg} \phi = W_p^{\text{сп}} / W_a^{\text{сп}}. \quad (2.10)$$

Складова B_3 передбачає зниження плати за реактивну електроенергію, якщо підприємство встановить в електричній мережі засоби КРП і узгодить це з енергопостачальною організацією.

Для визначення складових виразу (4) необхідно розрахувати втрати енергії в елементах системи електропередачі. Складова передбачає зменшення оплати за споживання та генерацію реактивної електроенергії при виконанні двох умов: належного оснащення споживача засобами компенсації реактивної потужності (КРП) та узгодження з енергопостачальною організацією.

Для визначення цієї складової згідно з виразом (4) необхідно провести розрахунки втрат енергії в елементах системи електропередачі.

Згідно з [9], втрати електроенергії в електричній мережі визначаються шляхом застосування коефіцієнта форми графіка навантаження за струмом, який в значній мірі враховує нерівномірність графіка навантаження:

$$\Delta W = 3k_{\phi I}^2 I_c^2 RT \cdot 10^{-3}, [\text{кВт/год}] \quad (2.11)$$

де $k_{\phi I} = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n I_i^2 \cdot t_i / \sum_{i=1}^n t_i}}{\sum_{i=1}^n I_i \cdot t_i / \sum_{i=1}^n t_i}$ – це коефіцієнт форми графіка навантаження за

струмом, тут I_i – є середнім струмом навантаження в i -му періоді вимірювання, який може як вимірюватись так і розраховується за виразом:

$$I_c = \frac{\sqrt{P_c^2 + Q_c^2}}{\sqrt{3} \cdot U}, [A] \quad (2.12)$$

тут P_c , Q_c – середні активна та реактивна потужності навантаження, яке живляться через елементи системи електропередачі (такий як лінія чи трансформатор), визначаються за розрахунковий період T ;

U – напруга елемента лінії електропередачі, кВ.

I_c – середній струм, який може визначатись за виразом (12) або

$$I_c = \frac{\sqrt{W_a^2 + W_p^2}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot T}, [A] \quad (2.13)$$

За виразами (8–10) ми можемо визначити Річні втрати електроенергії в трансформаторах

$$\Delta W_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{xx}} T_{\text{тр}} + \beta^2 \Delta P_{\text{кз}} T_{\text{н}}, \quad (2.14)$$

де ΔP_{xx} – це втрати холостого ходу трансформатора, кВт;

$\Delta P_{\text{кз}}$ – це втрати короткого замикання трансформатора, кВт;

$T_{\text{тр}}$ – це є час, впродовж якого трансформатор приєднано до мережі, год.;

T_n – час, впродовж якого трансформатор працює під навантаженням, год.;

β – це коефіцієнт завантаження трансформатора, квадрат якого при умові змінного навантаження визначається за виразом:

$$\beta^2 = \frac{k_{фа}^2 P_c^2 + k_{фр}^2 Q_c^2}{S_n^2} \quad (2.15)$$

де $k_{фа}$ – це коефіцієнт форми графіка активної потужності;

а $k_{фр}$ – це коефіцієнт форми графіка реактивної потужності;

P_c – це середнє значення активної потужності за розрахунковий період;

Q_c – це середнє значення реактивної потужності.

Величини P_c та Q_c визначаються для кожної окремої лінії як суми середніх потужностей цехів (таблиця 2.1), які живляться від конкретного трансформатора.

Таблиця 2.1 – Визначення середніх потужностей P_c і Q_c

Номер трансформатора	Номери цехів	P_c	Q_c
Трансформатор ТП 1	6,4	12,29008	4,5504
Трансформатор ТП 2	8,9,10,11	379,8835	141,5057
Трансформатор ТП 3	12,7,5	48,02478	18,22539
Трансформатор ТП 4	1,2	31,5756	10,46802
Трансформатор ТП 5(1000+160)	3	31,79908	11,424

Розрахунок було реалізовано з використанням електронних таблиць Excel (рис. 2.2 – 2.4).

У процесі розрахунку використані коефіцієнти форми графіків струму, активної та реактивної потужності, які були обчислені на основі зібраних статистичних даних.

З метою досягнення більшої точності в розрахунках, було враховано рекомендацію по вибору інтервалів вимірювань так, щоб середні значення потужностей наближалися до фактичних під час зазначеного періоду.

Під час годинного інтервалу вимірювань ці потужності збігаються із значенням спожитої електроенергії. Тому їх можна легко отримати, використовуючи лічильники активної та реактивної енергії.

Значення I_1 , як було вказано раніше, можна визначати на основі відомостей про значення величин P_{ci} , Q_{ci} на i -му інтервалі за формулами (12) або (13).

На рисунку 2.2 наведено розрахунок зниження вартості втрат електроенергії в трансформаторах за умови повної компенсації реактивної потужності ($Q_c = 0$) за допомогою електронних таблиць Excel, а також формули, що використовувались.

На рисунку 2.3 наведено спосіб розрахунку зниження вартості втрат електроенергії в кабельних лініях за умови повної компенсації реактивної потужності ($Q_c = 0$), а також формули, що використовувались.

Номер трансформатора	$\Delta P_{\text{ХХ}}$	$\Delta P_{\text{КЗ}}$	Сном	P_c	Q_c	T	Кфа	Кфр	C	Ввтдо	Ввтпісля	Економія
Трансформатор ТП 1	1.05	8,5	630	12,2900776	4,5504	8760	1,3	1,29	5,085	9474,388	9441,51675	32,87088979
Трансформатор ТП 2	1.9	10,5	1000	379,883524	141,51	8760	1,31	1,3	5,085	148303,5	132475,817	15827,72982
Трансформатор ТП 3	1.05	8,5	630	48,0247813	18,225	8760	1,29	1,28	5,085	13378,53	12859,3656	519,1660521
Трансформатор ТП 4	1.05	8,5	630	31,5755973	10,468	8760	1,35	1,27	5,085	11100,02	10931,4191	168,6044623
Трансформатор ТП 5(1000+160)	1.9	10,5	1160	31,7990791	11,424	8760	1,3	1,28	5,085	17312,32	17237,9969	74,3232535
											Σ Економія	16622,69448

$$K2 = (\$B2 * \$G2 + \$C2 * \$G2 * (\$H2^2 * \$E2^2 + \$I2^2 * \$F2^2) / \$D2^2) * \$J2$$

$$L2 = (\$B2 * \$G2 + \$C2 * \$G2 * (\$H2^2 * \$E2^2) / \$D2^2) * \$J2$$

$$M2 = K2 - L2$$

$$M6 = \text{СУММ}(M2:M5)$$

Рисунок 2.2 – Визначення вартості зниження втрат електроенергії в трансформаторах підприємства

Кабельна лінія	Кфі до	Кфі після	P_c , kW	Q_c , kvar	T, год	U, kV	L, km	R0, Ohm/km	C, грн/кВт*	Ввтдо	Ввтпісля	Економія
ТП1- ТП5	1,29	1,28	31,8	11,42	2000	10	0,45	0,44	5,085	51,00817	44,4835111	6,524655742
РП 10кВ - ТП4	1,29	1,27	31,6	10,47	2000	10	0,21	0,44	5,085	23,10584	20,1796332	2,926205752
РП 10кВ - ТП3	1,29	1,28	48	18,23	2000	10	0,15	0,44	5,085	39,26298	33,7836088	5,479374512
ТП4 - ТП2	1,3	1,28	379,9	141,51	2000	10	0,34	0,44	5,085	5634,369	4796,7801	837,5889744
ТП2 - ТП1	1,35	1,3	2100	345,91	2000	10	0,17	0,44	5,085	83732,46	75593,8704	8138,585238
										Сумарна економія		8991,104448

$$K2 = 3 * \$B2^2 * (\text{КОРЕНЬ}(\$D2^2 + \$E2^2) / (3^{\wedge}0,5 * \$G2))^2 * \$I2 * \$H2 * \$F2 * 10^{\wedge}-3 * \$J2$$

$$L2 = 3 * \$C2^2 * (\text{КОРЕНЬ}(\$D2^2) / (3^{\wedge}0,5 * \$G2))^2 * \$I2 * \$H2 * \$F2 * 10^{\wedge}-3 * \$J2$$

$$M2 = K2 - L2$$

$$M6 = \text{СУММ}(M2:M5)$$

Рисунок 2.3 – Визначення зниження втрат електроенергії в кабельних лініях підприємства

При розрахунку зниження втрат електроенергії в кабельних лініях також потрібно зауважити, що коефіцієнт $k_{\text{ф1}}$, який визначається на основі даних про P_{c_i} , Q_{c_i} , може мати певну розбіжність до і після компенсації. Це пояснюється тим, що після компенсації реактивної потужності реактивна потужність Q_{c_i} зменшиться.

На рисунку 2.4 показано, як розраховується оплата за спожиту реактивну енергію підприємством. Якщо реактивна енергія компенсується повністю, то величина цієї оплати дорівнюватиме економії підприємства, пов'язаній зі зниженням споживання реактивної енергії.

$$G2=B2*D2*E2$$

$$H2=G2*F2*(C2-0,25)^2$$

$$I2=G2+H2$$

Wасп, кВт*год	Wрсп, кВт*год	tg φ	D, кВт/квар	C, грн/кВт*год	Сбаз	V1, грн	V2, грн	ВWр, грн
1007146	372346,9	0,8	0,21	5,085	1,3	397610,6	156361,4	553972

Рисунок 2.4 – Визначення величини зниження оплати за електроенергію підприємством внаслідок КРП

Підсумовуючи результати розрахунків, що наведені на рис. 2.2 – 2.4, отримуємо прогнозоване значення повної економії після встановлення системи КРП, яке складає близько 550 000 грн.

Якщо врахувати результати попереднього аналізу заходів з енергозбереження, то термін окупності компенсувальних пристроїв буде дорівнювати:

$$T = \frac{V_{\text{КУ}}}{C} = \frac{63549,60}{553972+16622,7+8991,1} = 0,109 \text{ (роки)},$$

Даний період окупності є допустимим. Після закінчення терміну окупності і за схожої динаміки енергоспоживання підприємство внаслідок використання системи КРП надалі буде економити, впровадження заходу заради економії близько 550 000 грн. кожного року є доцільним.

Перевірка ефективності системи інфрачервоного опалення приміщень підприємства.

Підприємство використовує водяне опалення в цехах. Однак, якщо виробничі площі не повністю завантажені, то частина тепла витрачається марно, оскільки обігрів здійснюється усієї будівлі, а не конкретних робочих місць.

Пропонується в цехах, замість існуючої системи опалення встановити над робочими місцями системи інфрачервоного опалення, які повинні відповідати

вимогам, викладеним у [13]. Запропоновані системи мають ряд переваг у порівнянні з традиційними системами [13, 14]:

1. Ефективність тепловипромінювання: Інфрачервоні системи передають тепло напряму об'єктам та поверхням, не нагріваючи повітря в приміщенні. Це дозволяє ефективно обігрівати конкретні зони без значного витрат повітря.

2. Швидкість нагріву: Інфрачервоні пристрої зазвичай нагрівають об'єкти та поверхні набагато швидше, ніж традиційні системи опалення, що дозволяє швидше досягти комфортної температури в приміщенні.

3. Енергоефективність: Оскільки інфрачервоне тепловипромінювання передає тепло безпосередньо об'єктам, воно не вимагає обігріву всього об'єму повітря в приміщенні, що може призвести до значних енергозбережень.

4. Можливість зонального обігріву: Системи інфрачервоного опалення дозволяють точно керувати температурою в окремих зонах, що дозволяє ефективно використовувати енергію і забезпечувати комфорт в конкретних областях приміщення.

5. Низькі експлуатаційні витрати: Інфрачервоні системи зазвичай вимагають менше обслуговування порівняно з традиційними опалювальними системами, такими як котли або радіатори.

6. Можливість використання в зовнішніх приміщеннях: Інфрачервоні обігрівачі ефективно працюють в зовнішніх приміщеннях, забезпечуючи комфортне тепло навіть в холодні погодні умови.

За даними підприємства на потреби опалення в цехах протягом 2015 р. було витрачено $V_r = 73280 \text{ м}^3$ природного газу.

Була висунута пропозиція над робочою зоною цеху встановити 10 промислових інфрачервоних обігрівачів моделі PRO4000 від фірми EKOSTAR потужність яких складає 4 кВт і вартістю $V_n = 7200$ грн. кожний. В низькопотужному (черговому) режимі такий обігрівач може мати мінімальну потужність 1 кВт.

При врахуванні чергового режиму, при використанні якого використовується близько 30% електроенергії основного режиму, споживання електроенергії в опалювальний період буде складати:

$$W = n \cdot (P_1 \cdot t_1 \cdot 100 + P_2 \cdot t_2 \cdot 100 + P_2 \cdot 24 \cdot 50), [\text{кВт/год}] \quad (2.16)$$

де n – кількість обігрівачів;

P_1, P_2 – потужності обігрівача в основному та черговому режимах;

$t_1, t_2, 24$ – час роботи опалювальної системи відповідно в основному та в черговому режимі під час робочого тижня і в черговому режимі у вихідні дні, годин;

100, 0 – кількість робочих і вихідних днів в опалювальному періоді;

$$W = 10 \cdot (4 \cdot 20 \cdot 120 + 1 \cdot 4 \cdot 20 + 1 \cdot 24 \cdot 0) = 96800, (\text{кВт} \cdot \text{год}).$$

Річну економію витрат можна обрахувати за наступною формулою, грн.

$$E = V_g \cdot \Pi_r - W \cdot \Pi_w, [\text{грн}] \quad (2.17)$$

де Π_r, Π_w – тарифи на газ та електроенергію, відповідно грн./тис. м³ та грн./(кВт·год.).

$$E = 73280 \cdot 31 - 96800 \cdot 5,085 = 1779452 (\text{грн}).$$

Вартість устаткування обраховується як:

$$B_y = n \cdot B_n = 10 \cdot 7200 = 72000 (\text{грн}). \quad (2.18)$$

Витрати на введення в експлуатацію, такі як вартість проекту, транспортування та монтажу, приймаємо як $V_{\text{пр.м.}} = 20000$ грн. Загальні витрати будуть рівні:

$$K = V_y + V_{\text{пр.м.}} = 72000 + 20000 = 92000 \text{ (грн)}. \quad (2.19)$$

Оцінка простої окупності обраховується як:

$$T = \frac{K}{E_{\text{витр}}} = \frac{92000}{1779452} = 0,051 \text{ (року)}. \quad (2.20)$$

Отже, враховуючи короткий термін окупності і економічну обґрунтованість, використання інфрачервоних обігрівачів є ефективним і може призвести до значної економії для підприємства. Розглядати заміну газового опалення на електричне можна вважати доцільним.

Перевірка ефективності системи освітлення

Здійснення енергозбереження в системі освітлення можливе шляхом оптимізації методики розрахунку системи освітлення, або при використанні більш ефективних джерел світла, також і при впровадженні систем керування освітленням, вживання організаційних заходів та інших заходів.

Актуальність проведення аудиту зумовлена великою часткою освітлювального навантаження на підприємстві, що досліджується.

Процес розробки математичної моделі для оцінки ефективності заходу з енергозбереження описується нижче. Запропоновано використовувати показник ефективності, який виражається у значенні приведеної річної економії коштів, і обчислюється за допомогою виразу:

$$E_p = \frac{B^{Л1} - B^{Л2}}{T_{\text{роз}}} \rightarrow \max, \quad (2.21)$$

де $V^{Л1}$, $V^{Л2}$ – витрати, що пов'язані з використанням відповідно працюючої і альтернативної ламп за розрахунковий період, грн.;

$T_{роз}$ – розрахунковий період, за який ми розраховуємо витрати в системі освітлення, років:

$$T_{роз} = \frac{T_{макс}}{T_p}, [\text{років}], \quad (2.22)$$

де $T_{макс}$ – це найбільший термін служби порівнюваних ламп, год.;

T_p – це річний час роботи системи освітлення, год./рік.

За розрахунковий період витрати на діючу систему освітлення складають:

$$V^{Л1} = \left(\text{Окр} > \left\{ \frac{T_{макс} - T_{зал}}{T_{Л}} \right\} K_{Л} + P_{Лн} \cdot T_{макс} \cdot V_w \right) \cdot n, [\text{грн}] \quad (2.23)$$

де $\text{Окр} >$ – значення, що означає округлення результату у дужках до найближчого більшого цілого;

$T_{Л}$ – це Термін служби ламп, які використовуються в аналізованій системі освітлення, год.;

$T_{зал}$ – значення терміну роботи діючої лампи який залишився до її заміни, год.;

$K_{Л}$ – вартість лампи, грн.;

$P_{Лн}$ – номінальна потужність ламп, кВт.;

V_w – тариф на електричну енергію, грн./кВт·год.;

n – кількість ламп певного типу в системі освітлення.

Витрати на альтернативну систему освітлення протягом розрахункового періоду:

$$V^{Л2} = \left(\frac{T_{макс}}{T_{Л}} K_{Л} + P_{Лн} \cdot T_{макс} \cdot V_w \right) \cdot n - K_{ЛКВ}, [\text{грн}] \quad (2.24)$$

де $K_{\text{ЛКВ}}$ – ліквідна вартість ламп функціонуючої системи освітлення системи освітлення.

Система зовнішнього освітлення на ТОВ «Жмеринський вагоноремонтний завод «ЕКСПРЕС»» включає 30 ртутних ламп з потужністю 250 Вт кожна. Середній річний час функціонування системи освітлення становить $T_p = 2500$ год. Тариф на активну електроенергію $B_w = 5,085$ грн./(кВт·год.).

Пропонується замінити ртутні лампи на LED. Світлова віддача LED ламп більша, ніж у ртутних. Для заміни ртутних ламп потужністю 250 Вт необхідно встановити LED потужністю 150 Вт. Характеристики обох видів ламп наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Порівняльні характеристики дугових ртутних ламп (ДРЛ) і натрієвих ламп

Лампа	Потужність, Вт	Світловий потік, лм	Термін служби, год.	Цоколь	Ціна, грн.
ДРЛ	250	13000	6000	E40	80
LED	150	15000	30000	-	260

Серед цих двох типів ламп, які досліджуються, найбільший строк служби є у LED лампи. Тому $T_{\text{макс}} = 30000$ год.

Лампи типу ДРЛ вже мають вироблений ресурс у, приблизно, 4 000 годин, тому залишковий термін їх роботи до заміни приймаємо $T_{\text{зал}} = 6000 - 4000 = 2000$ (год).

Витрати на систему освітлення з лампами ДРЛ за період розрахунку, згідно з (20),

$$B_{\text{ДРЛ}} = \left(\text{Окр} > \left\{ \frac{30000 - 2000}{6000} \right\} \cdot 80 + 250 \cdot 10^{-3} \cdot 30000 \cdot 5,085 \right) \cdot 30 = 1155325$$

(грн.),

а з LED лампами, згідно з (21) :

$$B_{\text{нл}} = \left(\frac{30000}{30000} \cdot 2600 + 150 \cdot 10^{-3} \cdot 30000 \cdot 5,085 \right) \cdot 30 = 764475 \text{ (грн.)}$$

Розрахунковий період визначення витрат в системі освітлення:

$$T_{\text{роз}} = \frac{30000}{2500} = 12 \text{ (років)}$$

Отже, витрати, розраховані за виразами (2.20), (2.21), визначені за період в 12 років. Це вірно за умови, що всі лампи працюють протягом точно визначеного терміну. Реальні показники роботи можуть відрізнятись, тому розрахунки за таким принципом є наближеними.

За виразом (2.18) визначимо приведену до одного року економію коштів внаслідок заміни в системі освітлення ртутних ламп на LED лампи

$$E_p = \frac{1155325 - 764475}{12} = 32570,83 \text{ (грн.)}$$

Простий термін окупності модернізованої системи освітлення буде становити

$$T = \frac{K_{\text{нл}} \cdot n}{E_p} = \frac{150 \cdot 30}{32570,83} = 0,14 \text{ (року)}$$

Таким чином, оскільки економія коштів через модернізацію системи освітлення є прибутковою навіть у перший рік, рекомендується провести модернізацію, оскільки термін окупності є близьким до декількох тижнів, тобто через рік наші капіталовкладення в модернізацію окупляться, і, LED лампи, будуть навіть вигіднішими у перспективі, через свою меншу

потужність, яку вони витрачають виробляючи більшу величину світлового потоку, вважати модернізацію шляхом заміни ламп ДРЛ на LED дієвою мірою економії електроенергії.

Розрахунок заміни ламп розжарення на люмінесцентні був проведений за такою самою методикою.

2.2 Висновок до розділу 2

В результаті аналітичних дій над наявною інформацією про паливно-енергетичні дані було сформовано такі рекомендації з енергозбереження:

– Заміна ртутних ламп на світлодіодні, а також ламп розжарення на більш енергоефективні, є доцільною, оскільки система освітлення має значну питому потужність і працює тривалий час;

– Теплоізоляція насосної станції та Адміністративних будівель, оскільки взимку на них витрачається найбільша кількість теплової енергії.

Після більш глибокого аналізу запропонованих заходів з енергозбереження було встановлено:

1. Застосування КУ на підприємстві є ефективним заходом з економії електроенергії. При початкових капіталовкладеннях у розмірі 63550 грн., за КРП потужністю 200 квар, ми отримуємо річну економію коштів у розмірі 553972 гривні, з терміном окупності 0,109 року.

2. Використання інфрачервоних обігрівачів буде ефективним, так як при одноразовому вкладенні 72000 грн. підприємство зможе економити 1 779 452 грн. кожного року, що у купі з часом окупності 0,051 року є вигідним рішенням і призведе до значної економії коштів підприємства.

3. Заміна ламп ДРЛ зовнішнього освітлення на LED приведе до економії коштів у розмірі 32570 грн. у перший місяць, при терміні окупності капіталовкладень 0,14 року, можна вважати, що за рік наша модернізація повністю окупиться.

3 СОНЯЧНІ КОЛЕКТОРИ ЯК БЕЗКОШТОВНЕ ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ

3.1 Перспективи впровадження системи сонячних колекторів

Системи сонячних колекторів стали багатообіцяючим рішенням глобальної енергетичної кризи та зміни клімату. Ці системи використовують силу сонячного світла для виробництва електроенергії або тепла, тим самим зменшуючи нашу залежність від викопного палива. За останні роки технологія сонячних колекторів значно просунулася вперед, зробивши її більш ефективною та економічно вигідною. У результаті сонячні колекторні системи стають все більш популярними як у житлових, так і в комерційних приміщеннях [26,27].

Геліосистема - це система, яка збирає і перетворює сонячну енергію в теплову енергію. Вона використовується для нагріву води, опалення будинків і приміщень, а також для виробництва електроенергії.

Основними компонентами геліосистеми є:

Геліоприймач - пристрій, який поглинає сонячне випромінювання і перетворює його в теплову енергію.

Циркуляційний насос - пристрій, який забезпечує циркуляцію теплоносія в системі.

Теплообмінник - пристрій, який передає тепло від теплоносія до іншого середовища.

Бак-акумулятор - ємність, в якій накопичується тепло.

Конкретний принцип роботи геліосистеми залежить від типу геліоприймача, який використовується.

Принцип роботи геліосистеми з плоскими колекторами:

Плоский колектор складається з чорного абсорбера, який покритий високоселективним покриттям, і теплоізоляційного шару. Сонячне випромінювання поглинається абсорбером і перетворюється в теплову енергію. Тепло потім передається теплоносію, який циркулює всередині колектора.

Вакуумний колектор складається з вакуумної трубки, всередині якої знаходиться абсорбер, покритий високоселективним покриттям. Вакуум між стінками трубки запобігає втратам тепла. Сонячне випромінювання поглинається абсорбером і перетворюється в теплову енергію. Тепло потім передається теплоносію, який циркулює всередині трубки.

Принцип роботи геліосистеми з тепловими трубами:

Теплова труба - це пристрій, в якому тепло переноситься за допомогою рідини, яка кипить в одному місці і конденсується в іншому. Геліосистема з тепловими трубами складається з вакуумних трубок, всередині яких розташовані теплові труби. Сонячне випромінювання поглинається абсорбером, який знаходиться всередині теплової труби. Тепло потім передається теплоносію, який циркулює всередині трубки. Параболоциліндричний концентратор є підвидом геліосистеми, він здатний посилювати сонячне випромінювання у точці до 100 разів, з принципом роботи можна ознайомитися на рис 3.1:

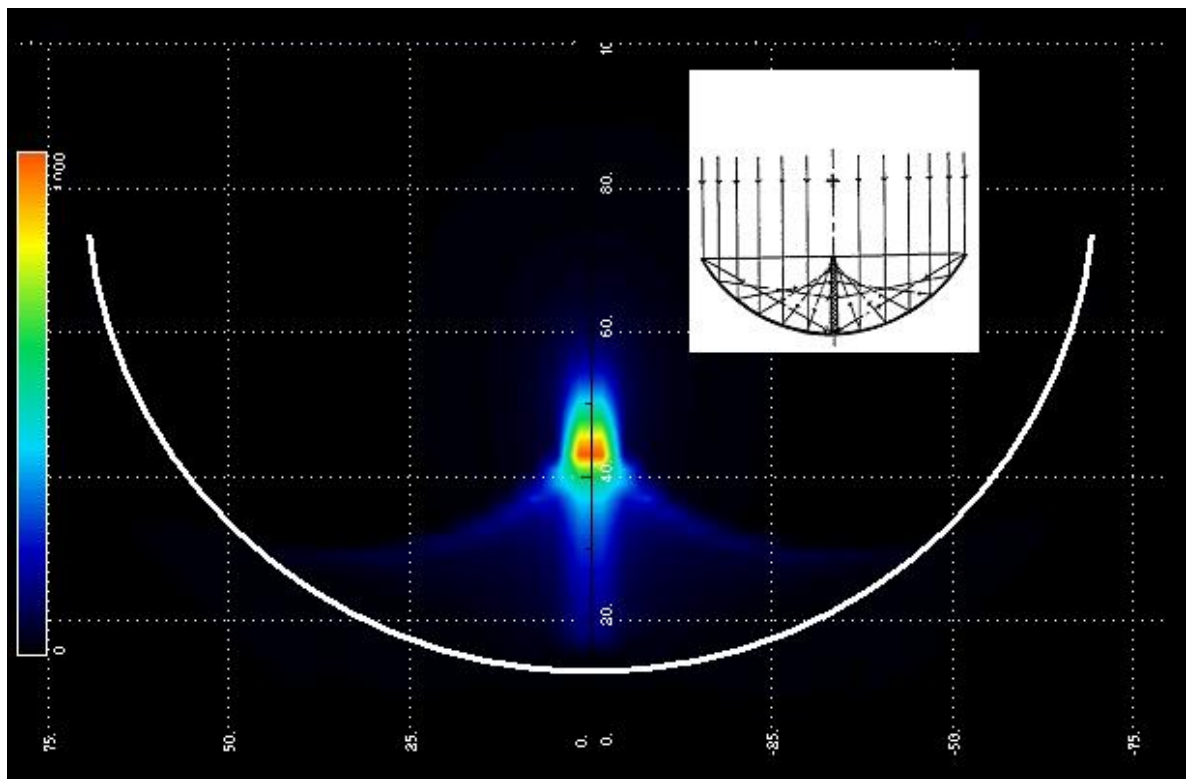


Рисунок 3.1 – Типова густина енергії вздовж фокусної лінії довжиною $1/2$ радіуса сферичного рефлектора

Принцип роботи геліосистеми з термосифонами:

Термосифон - це пристрій, в якому тепло передається за рахунок різниці температур. Геліосистема з термосифонами складається з вакуумних трубок, всередині яких знаходиться теплоносіє. Сонячне випромінювання поглинається абсорбером, який знаходиться всередині трубки. Тепло потім передається теплоносію, який піднімається вгору по трубці. У верхній частині трубки теплоносіє охолоджується і опускається вниз.

Принцип роботи геліосистеми з тепловими насосами

Тепловий насос - це пристрій, яке може передавати тепло від холоднішого середовища до теплішого. Геліосистема з тепловими насосами складається з вакуумного колектора, теплового насоса і теплообмінника. Сонячне випромінювання поглинається абсорбером, який знаходиться всередині вакуумної трубки. Тепло потім передається теплоносію, який циркулює всередині трубки. Тепловий насос примусово створює умови для циркуляції теплоносія і передає тепло в бак-акумулятор.

Геліосистеми є одним з ефективним способів використання сонячної енергії. Вони можуть генерувати теплову енергію для різних цілей, включаючи опалення, гаряче водопостачання і виробництво електроенергії при використанні комбінованого модулю [26, 28, 29].

Геліоприймачі з теплопровідними трубками є доповненням до вже наявних систем теплопостачання. Селективне покриття внутрішньої поверхні вакуумованих трубок сприяє перетворенню сонячної енергії на теплову енергію. Тепло потім передається до теплопровідних стрижнів через алюмінієві пластини. Рідина всередині теплопровідних стрижнів перетворюється на пару, яка піднімається до конденсатора. У конденсаторі тепло передається теплоносію, і пара перетворюється на рідину. Рідина потім повертається в нижню частину теплопровідного стрижня. Тепло також передається рідині-теплоносію через мідний теплопровідний стрижень. Ця безперервна циркуляція рідини забезпечується нагріванням геліоприймача променями сонця[26].

Таблиця 3.1 – Метеоролічне зведення за вересень місяць [35]

Число	Температура удень, °С	Температура уночі, °С
1	24	12
2	24	12
3	23	13
4	22	12
5	21	11
6	21	12
7	21	11
8	20	10
9	20	10
10	21	11
11	23	12
12	23	11
13	23	12
14	23	11
15	21	10
16	22	10
17	22	10
18	20	9
19	19	10
20	18	9
21	17	10
22	18	9
23	17	10
24	17	9
25	18	10
26	18	10
27	18	10
28	17	9
29	16	8
30	16	8
Середня т-ра за день, °С		20,1
Середня т-ра за ніч °С		10,37
Середньодобова т-ра, °С		15,23

Для розробки та оформлення таблиці 3.3 з початковими даними нам потрібно звести у таблицю 3.1 температуру повітря за вересень місяць 2023 року [35], для наочності виразимо дані стовпчиковою діаграмою на рис.3.2.

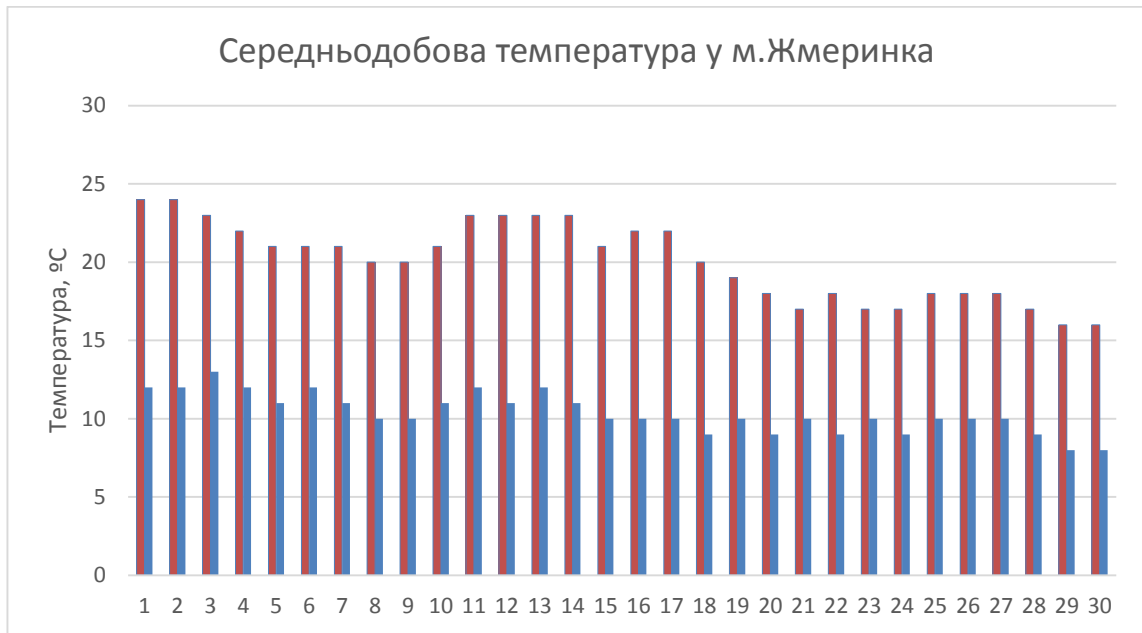


Рисунок 3.2 – Графік середньодобової температури за вересень 2023 року

Також, для розрахунку коефіцієнту корисної дії (ККД) панелей нам необхідно знати рівень сонячної радіації (G), в області де ми здійснювали дослідження. Можемо це дізнатися з рис. 3.3-3.4 [34].

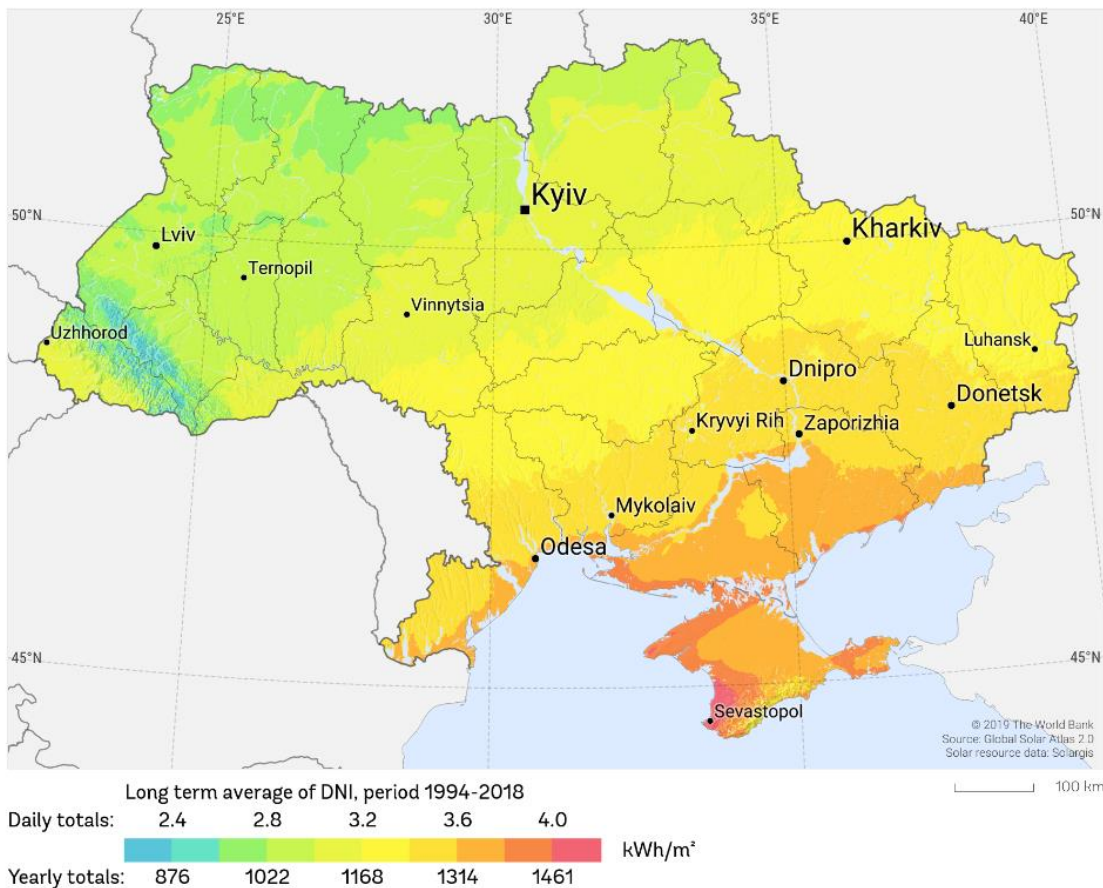


Рисунок 3.3 – Карта прямого нормального опромінення сонячною радіацією(G)

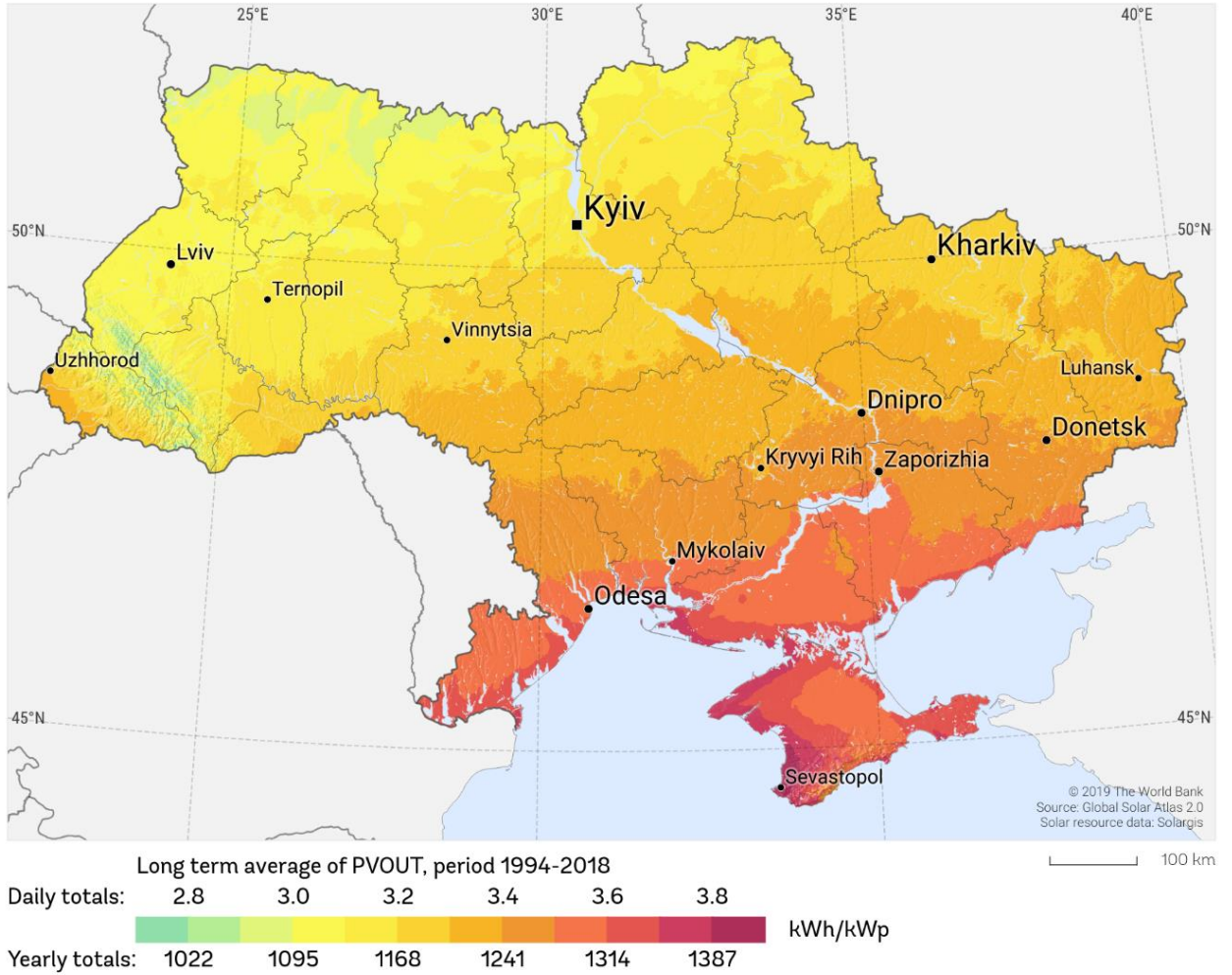


Рисунок 3.4 – Карта потенціалу використання фотоелектричної енергії

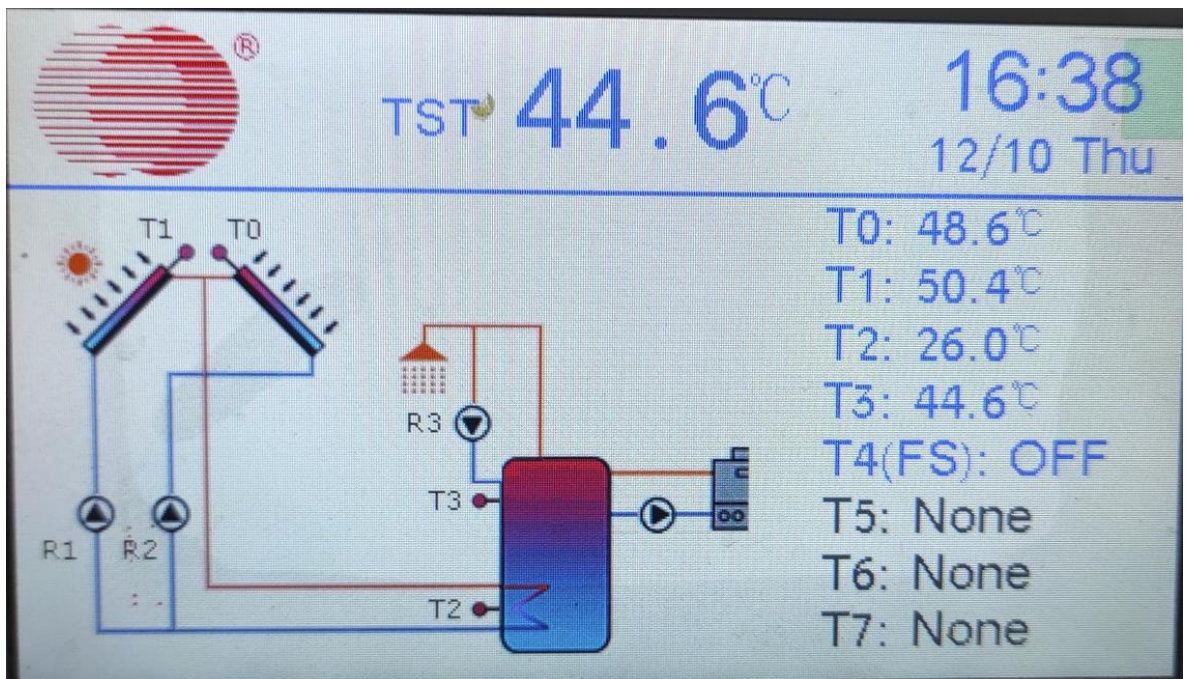


Рисунок 3.5 – Схема підключення системи

Для роботи системи було обрано контролер для геліосистем SR1568, на базі було виконано схему контролю панелей, яка зображена на рис.3.5. У ньому є достатня кількість схем підключення (23 шт.), він дешевший за аналоги та дозволяє персоналу вносити зміни у конструкцію та програмне забезпечення після монтажу підрядної організацією та незалежно від виробника. Він простий в роботі та легкий в опануванні оскільки має TFT кольорове табло, яке показує всю необхідну для контролю інформацію. Також він має 6 релейних виходів, 1 низьковольтний релейний вихід, 3 PWM контролера для керування швидкості насосу. Додатково реалізовано функцію зберігання даних на зовнішню мікро SD карту. Після переносу інформації на комп'ютер інформація може бути візуалізована, наприклад, в табличному процесорі Excel, або у ППП MathCAD у вигляді таблиць або шляхом побудови діаграм.

Контролер вимірює та обчислює різницю температур між температурою колектора (T_1) і температурою навколишнього середовища (T_0), а також між температурою колектора (T_1) і температурою бака накопичувача (T_2). Якщо одна з цих різниць перевищує різницю температур увімкнення, то відповідний сонячний циркуляційний насос (R1 та/або R2) увімкнеться. Бак нагрівається до різниці температур вимкнення або до досягнення максимальної температури в баку.

Також в реле SR1568 реалізовано наступні функції:

1. Аварійне відключення колектора. Задля запобігання перегріву колекторної системи.
2. Захист від замерзання. При опусканні температури менше за CRF О вмикається насос циркуляції з баком, а на екрані відображається надпис ANTIFREEZE.
3. Функція керування швидкості насосів
4. Паралельна робота. Якщо в системі більше за один бак з водою.
5. Функція вихідного дня. Використовується для роботи системи коли немає споживання води. Ця функція дозволяє охолоджувати систему так, щоб зменшити теплове навантаження.

Таблиця 3.2 – Номенклатура позначень

Символ	Опис	Одиниці
A	Площа колектору	м ²
C _p	Питома теплоємність води	Дж/кг К
dh	Гідравлічний діаметр труби	м
W	Відстань між трубами	м
d/w	Відношення ширини труби до відстані між ними	безрозмірна
D	Ширина труби (d)	м
G	Інтенсивність сонячного випромінювання	Вт/м ²
FR	Коефіцієнт відведення тепла з колектору	безрозмірна
F'	Поправлений коефіцієнт ефективності ребер	безрозмірна
h _{pvA}	Коефіцієнт теплопередачі від комірки до поглинача	Вт/м ² К
h _w	Коефіцієнт теплопередачі від вітру	Вт/м ² К
k _{abs}	Теплопровідність поглинача	Вт/м К
k _{pv}	Теплопровідність сонячної батареї	Вт/м К
K	Теплопровідність теплоізоляції	Вт/м К
L _b	Теплова товщина задньої теплоізоляції	см
L _e	Теплова товщина крайової теплоізоляції	см
L _{pv}	Товщина сонячної батареї	см
m	Витрата системи	кг/с
n	Кількість труб	безрозмірна
N	Кількість покриттів	безрозмірна
NOCT	Номінальна робоча температура комірки	°С
Q	Корисний тепловий приріст	Вт
t	Товщина поглинача	см
T _a	Температура навколишнього середовища	°С
T _i	Температура вхідного потоку теплоносія	°С
T _{pm}	Середня температура	°С
S	Коефіцієнт упаковки/пакування(коэф. к-сті комірок)	безрозмірна
U _b	Загальний коефіцієнт теплопередачі зворотного боку колектору	Вт/м ² К
U _l	Загальний коефіцієнт теплопередачі колектору	Вт/м ² К
U _t	Загальний коефіцієнт теплопередачі верхньої частини колектору	Вт/м ² К
w	Крок труб (відстань між уст. трубками)	м

Продовження таблиці 3.2

β	Кут установки	градуси
ϵ_p	Емісивність пластини	безрозмірна
ϵ_c	Емісивність покриття	безрозмірна
σ	Стала Стефана-Больцмана	Вт/м ² К ⁴
τ_{pv}	PV коеф. пропускання/поглинання	безрозмірна
$\tau_{\alpha T}$	Термальний коеф. пропускання/поглинання	безрозмірна
v	Швидкість вітру	м/с

Початкові дані для обрахунків було заздалегідь занесено у таблицю 3.3, в неї і будемо заносити подальші результати обрахунку.

Таблиця 3.3 – Початкові значення для обрахунків

Параметр	Значення	Одиниці
Кількість покриттів (N_g)	1	Безрозмірна
Температура навколишнього середовища (T_a)	293 К	Кельвін (К)
Емісивність пластини (ϵ_p)	0,95	Безрозмірна
Емісивність покриття (ϵ_c)	0,88	Безрозмірна
Кількість труб (n)	66	Безрозмірна
Витрата системи (m)	2 л/с	Літри за секунду (л/с)
Площа колектору (A)	100 м ²	Квадратні метри (м ²)
Швидкість вітру (v)	2 м/с	Метри за секунду (м/с)
PV Trans/Abs ($\tau_{\alpha_{pv}}$)	0,74 або 0,78	Безрозмірна
Thermal Trans/Abs (τ_{α_T})	0,925	Безрозмірна
Товщина поглинача (t)	0,5 мм	Міліметри (мм)
Товщина сонячної батареї (L_{pv})	0,4 мм	Міліметри (мм)
Теплопровідність сонячної батареї (k_{pv})	130 Вт/мК	Ватти на метр-кельвін (Вт/мК)
Гідравлічний діаметр труби (d_h)	9,7 мм	Міліметри (мм)
Відстань між трубами (w)	0,1 мм	Міліметри (мм)
Відношення ширини труби до відстані між ними (d/w)	1,5	Безрозмірна
Коефіцієнт теплопередачі від комірки до поглинача ($h_{p_{vA}}$)	45 Вт/м ² К	Ватти на квадратний метр-кельвін (Вт/м ² К)

Продовження таблиці 3.3

Теплопровідність теплоізоляції (k)	0,095 Вт/мК	Ватти на метр-кельвін (Вт/мК)
Товщина теплоізоляції краю(L_edge)	0,025 м	Метри (м)
Теплопровідність поглинача/абсорбера (k_abs)	50 Вт/мК	Ватти на метр-кельвін (Вт/мК)
Коефіцієнт ефективності відведення тепла з колектору (FR)	~0,85	Безрозмірна
Загальний коефіцієнт втрат тепла колектору (U_Loss/U_vtr)	~6 (покриті) або 22 (не покриті)	Ватти на квадратний метр-кельвін (Вт/м ² К)
Кут установки (β)	37 градусів	Градуси (°)

Корисний приріст тепла (Q) представлений як функція площі колектора (A), коефіцієнта ефективності відведення тепла (FR), добутку пропускання-поглинання фотоелектричних елементів ($\tau\alpha$), сонячної радіації (G), коефіцієнта тепловтрат колектора (U_{vtr}) і різниці температур між температурою теплоносія на вході (T_i) і температурою навколишнього середовища (T_a).

$$Q = AF_R [(\tau\alpha)_{PV} \cdot GU_{vtr} (T_i - T_a)]$$

(3.1)

Коефіцієнт ефективності тепловідведення (F_R) враховує масову витрату теплоносія в колекторі (m) і питому теплоту теплоносія в колекторі (C_p), яка виражається у наступному вигляді [40]:

$$F_R = \frac{mc_p}{AU_{vtr}} \left[1 - \exp\left(-\frac{AU_{vtr} \cdot F'}{mc_p}\right) \right]$$

(3.2)

$$FR := \frac{m \cdot c_p}{A \cdot U_{vtr}} \cdot \left[1 - e^{-\left(-A \cdot \frac{U_{vtr} \cdot F'}{m \cdot c_p}\right)} \right] = 0.848$$

Для того, щоб отримати коефіцієнт ефективності відведення тепла, необхідно розрахувати значення скоригованої ефективності ребра (F'). Це робиться шляхом попереднього розрахунку ефективності ребра (F) за формулою 3.3

$$F = \frac{\tanh(M(w - d) / 2)}{M(w - d) / 2} \quad (3.3)$$

Наступне рівняння визначає ефективність ребристої поверхні між сусідніми трубами, враховуючи вплив кроку трубок (ширина між встановленими трубками) (W) і ширини трубки (d) прямокутного поперечного перерізу труб, сформованих при виготовленні VIPVT. Таким чином, всі розрахунки, пов'язані з потоком в трубах, базувалися на основі гідравлічного діаметру труб (d_h).

$$M = \sqrt{\frac{U_{\text{втр}}}{k_{\text{abs}} L_{\text{abs}} + k_{\text{PV}} L_{\text{PV}}}} \quad (3.4)$$

$$M := \sqrt{\frac{U_{\text{втр}}}{k_{\text{abs}} \cdot L_{\text{abs}} + K_{\text{pv}} \cdot L_{\text{pv}}} = 0.289$$

Таким чином, скоригована ефективність ребра (F') може бути розрахована за допомогою рівняння 3.5.

$$F' = \frac{\frac{1}{U_{\text{втр}}}}{w \left[\frac{1}{U_{\text{втр}} (d + (w - d)F)} \right] + \frac{1}{wh_{\text{PVA}}} + \frac{1}{\pi d_{\text{h, рід}}}} \quad (3.5)$$

Тепер у рівнянні 3.5, h_{PVA} – це так званий «квазі» коефіцієнт теплопередачі, який враховує опір зв'язку між фотоелектричним елементом і абсорбером (Zondag et. al., 2002), а h_{fluid} - коефіцієнт вимушеної конвекційної теплопередачі в охолоджувальному каналі, визначений за рівнянням Діттуса-Бультера.

Крім того, загальний коефіцієнт тепловтрат U_{loss} ($U_{\text{втр}}$) колектора являє собою суму коефіцієнтів тепловтрат краю колектора (рівняння 3.13, де p - периметр колектора, а t - товщина абсорбенту), втрат на верхній і втрат на задній поверхні. У цьому рівнянні було зроблено припущення, що коефіцієнт верхніх втрат, зумовлених вітром, може бути знайдений за допомогою емпіричного рівняння Кляйна (рівняння 3.7), наведеного Даффі та Бекманом у 2006 році.

$$U_{\text{втр}} = U_t + U_b + U_c \quad (3.6)$$

$$U_t = \left[\frac{\frac{N_g}{C}}{T_{\text{pm}} \left(\frac{T_{\text{pm}} - T_c}{N_g + f} \right)^e} + \frac{1}{hw} \right]^{-1} + \frac{\sigma(T_{\text{pm}} + T_\alpha)(T_{\text{pm}}^2 + T_\alpha)^2}{(\varepsilon_p + 0,00591 \cdot N_g \cdot hw)^{-1} + \frac{2N_g + f - 1 + 0,133\varepsilon_p}{\varepsilon_g}} \quad (3.7)$$

$$U_t := \left[\frac{\frac{N_g}{c}}{T_{\text{pm}} \left(\frac{T_{\text{pm}} - T_a}{N_g + f} \right)} + \frac{1}{hw} \right] + \frac{\sigma \cdot (T_{\text{pm}} + T_a) \cdot (T_{\text{pm}}^2 + T_a)^2}{(\varepsilon_p + 0.00591 \cdot N_g \cdot hw)^{-1} + \frac{2N_g + f - 1 + 0.13 \cdot 3\varepsilon_p}{\varepsilon_g}} = 4.856$$

Де

$$c = 520(1 - 0,00005\beta^2) \quad (3.8)$$

$$e = 0,43 \left(1 - \frac{100}{T_{\text{pm}}} \right) \quad (3.9)$$

$$f = (1 + 0,089hw - 0,1166hw \cdot \varepsilon_p)(1 + 0,07866N_g) \quad (3.10)$$

$$hw = 5,7 + 3,8v \quad (3.11)$$

$$hw := 5.7 + 3.8 \cdot 2 = 13.3$$

$$f := (1 + 0.089 \cdot hw - 0.1166 \cdot hw \cdot \varepsilon_p) \cdot (1 + 0.07866 \cdot Ng) = 0.766$$

$$ee := 0.43 \cdot \left(1 - \frac{100}{T_{pm}}\right) = -0.645$$

$$c := 520 \left(1 - 0.00005 \cdot \beta^2\right) = 484.406$$

β - кут нахилу колектора, σ - стала Стефана-Больцмана, N - кількість шарів обшивки або застелення, ε_g - емісія обшивки або застелення, ε_p - емісія пластини, і hw - конвекційний перенос тепла вітром, який обговорюється далі в цій роботі.

Однак, якщо ми розглядаємо випадок незастеленого колектора, в якому відсутня кришка, рівняння 9 не може бути застосоване. Замість цього необхідно розрахувати коефіцієнт верхніх втрат (U_{top}), взявши суму індивідуальних втрат інфрачервоного випромінювання, природної та вимушеної конвекції.

$$U_b = \frac{K_b}{L_b} \tag{3.12}$$

$$U_e = \frac{(UA)_e}{A_e} \tag{3.13}$$

$$(UA)_e = \frac{K_e}{L_e} \cdot p \cdot L \tag{3.14}$$

$$T_{pm} = T_i + \frac{Q_u / A_e}{F_R U_L} (1 - F_R) \tag{3.15}$$

З цих рівнянь можна розрахувати корисний приріст тепла від сонячного колектора і середню температуру модуля (T_{pm}), згідно з наявних даних

$T_{pm} = 40^{\circ}\text{C} = 313^{\circ}\text{K}$. Електричний ККД можна розрахувати на основі різниці між середньою температурою модуля PV/Т (ВІРVТ) і номінальною робочою температурою комірки (НОСТ/НРТК), яка зазвичай приймається рівною 298К. Для цього дослідження було зроблено припущення, що комірка має ефективність 15% (типова для кристалічних кремнієвих фотоелементів) при НОСТ, і що залежність ефективності від температури залежність ефективності від температури може бути представлена рівнянням 3.16; де також було припущено, що відбуватиметься зниження продуктивності виробітку електричної енергії за кожен градус Цельсія 1 відсоток ККД (Грін, 1998). За результатами обрахунку даного показника побудуємо залежність, яка буде показана на рис. 3.6.

$$\eta_e = 0,15(1 - 0,005(T_{pm} - \text{НРТК}))$$

(3.16)

$$\eta_e := 0.15[1 - 0.005(T_{pm} - \text{НОСТ})] = 0.139$$

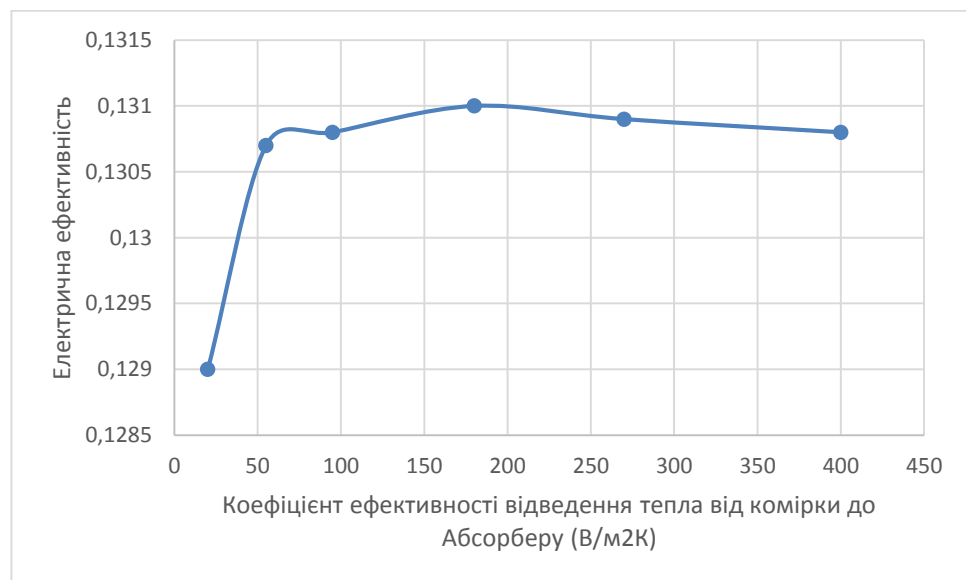


Рисунок 3.6 – Зміна електричної ефективності з коефіцієнтом теплопередачі від комірки до абсорбера

Можна вивести рівняння для визначення теплової ефективності ВІРVТ на основі добутку коефіцієнта пропускання на коефіцієнт поглинання ВІРVТ з урахуванням коефіцієнту заповнення. Це рівняння потім виражається у

вигляді, показаному в Рівнянні 3.17, а результати повторних обрахунків зведемо у вигляді залежності, який відобразимо на рис. 3.7.

$$\eta_{\text{term}} = F_R (S \cdot \tau \alpha_{\text{PV}}) + (1 - S \cdot \tau \alpha_T) - F_R U_{\text{втр}} \frac{T_i - T_a}{G} \quad (3.17)$$

$$\eta_{\text{th}} = FR \cdot (S \cdot \tau \alpha_{\text{PV}}) + (1 - S \cdot \tau \alpha_T) - FR \cdot U_{\text{втр}} - \frac{T_i - T_a}{G} = 0.616$$

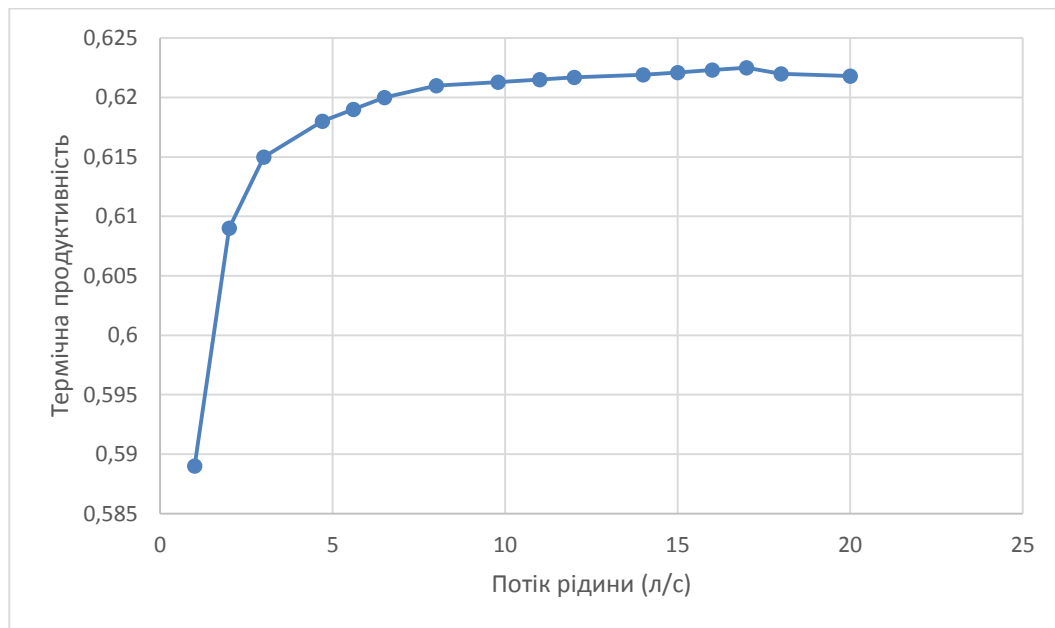


Рисунок 3.7 – Зміна теплової ефективності залежно від витрати рідини

Щоб порахувати окупність нам необхідно дізнатися скільки природнього газу буде зекономлено внаслідок впровадження колекторів. Приймавши рівень сонячного випромінення як 1 кВт/м^2 та приймавши, що колектор буде генерувати 4 години при 60 відсотках і дві години при 40 відсотках у зимовий день, ми прийдемо до формули:

$$Q_{\text{ген}} = (0,6 \cdot 1000 \cdot 4 + 0,4 \cdot 1000 \cdot 2) \cdot 60 = 190000$$

кВт/год (3.18)

Де 60 це кількість днів генерації в зимовий період, коли є найбільший попит на використання теплової енергії.

При згорянні 1 м³ газу виділяється близько 34,3 МДж теплової енергії, а 1 кВт/год рівний 3,62 МДж, у перерахунку це дорівнює 20 000 м³ природного газу при ціні встановлення 20 000 доларів термін окупності обрахуємо за наступною формулою:

$$T = \frac{\left(\frac{190000 \cdot 3,62}{34,3}\right) \cdot 4,99}{20000} = 7,04$$

(3.19)

Де 4,99 це тариф за 1 м³ природного газу, а 20000 доларів це повна ціна за купівлю та встановлення системи сонячних колекторів підрядною організацією. Термін окупності є прийнятним, оскільки не перевищує 10 років.

3.2 Висновки до розділу 3

Теплова ефективність сонячного колектора є показником того, наскільки ефективно він перетворює сонячне випромінювання в корисне тепло. Однак теплова ефективність колектора залежить від кількох факторів, одним з яких є масова витрата, що являє собою кількість рідини, що протікає через колектор за одиницю часу.

Збільшення масової витрати призводить до зменшення теплової ефективності колектора. Це відбувається тому, що при більшій швидкості потоку, рідина протікає через колектор швидше, що зменшує час, протягом якого вона може поглинати тепло від сонячного випромінювання.

Однак недостатня величина масової витрати теж зменшує теплову ефективність колектора. Це відбувається тому, що при меншому потоці, рідина протікає через колектор повільніше, що зменшує кількість тепла, яку вона може поглинути з колектора через обмежену теплоємність.

Тобто, якщо брати максимальну потужність 80 відсотків ККД сонячного плоского колектора, та відняти електричний ККД який рівний 13 відсоткам то в результаті отримаємо 67 відсотків. Беручи до уваги, що звичайний колектор

без фотовольтаїчної надбудови має ККД від 70 до 80 відсотків[41], можна здійснити висновок, що втрати від встановлення електричної частини близькі до 4-7 відсотків, які будуть відрізнятися в залежності від погодніх умов, кута нахилу та інших факторів.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Техніко-економічне обґрунтування проведеної/запланованої роботи являє собою проведення попередніх розрахунків котрі являють собою техніко-економічну базу, які підтверджують, або не підтверджують, доцільність капіталовкладень в певний енергетичний об'єкт [22].

Доцільність реалізації роботи обґрунтовується наступними факторами:

- Задоволення потреб суспільства продукцією підприємства. Продукція підприємства відповідає актуальним потребам суспільства та сприяє їхньому задоволенню.

- Створення нових робочих місць та працевлаштування населення. Реалізація роботи призведе до створення нових робочих місць та працевлаштування населення.

- Надання необхідних послуг. Реалізація роботи призведе до надання необхідних послуг суспільству.

- Прибутковість. Реалізація роботи буде прибутковою та принесе економічний ефект.

- Окупність капіталовкладень. Реалізація роботи буде окупною та принесе прибуток у найкоротші терміни.

Вихідні дані наявні для розрахунку економічної доцільності:

- виручка від реалізації продукції у 2022 р. $V = 430$ (млн. грн./рік);
- чисельність персоналу згідно податкових звітів $Ч = 489$;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з усіма видами виплат, передбачених законодавством України $Z_{\text{П}}$, грн./рік;
- частка питомо заробітної плати в собівартості продукції $d = 13\%$;
- первісна або балансова вартість основних фондів підприємства $\Phi = 100$ млн грн;
- коефіцієнт ефективності капіталовкладень(нормований): $E_{\text{Н}} = 0,1$;
- нормований термін окупності, який виражений в роках: $T_{\text{ок}} = 10$.

- середньомісячна зарплата одного працівника $Z = 6700$ грн./міс.

Щоб обрахувати середньорічний фонд заробітної плати одного працівника потрібно використати наступну формулу:

$$Z_{\text{ПІ}} = Z \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 6700 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,0804 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції обраховується за формулою:

$$C = \frac{1,38 \cdot Ч \cdot Z_{\text{ПІ}}}{d} = \frac{1,38 \cdot 489 \cdot 0,0804}{0,13} = 417,35 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток буде обрахований за формулою:

$$\Pi = В - C = 430 - 417,35 = 12,65 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства можна обрахувати:

$$T_{\text{ор}} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{100}{12,65} = 7,9 \text{ (років)}, \quad (4.4)$$

$$T_{\text{ор}} = 7,9 < T_{\text{ок}} = 10 \text{ (років)}.$$

Так як термін окупності не є таким, що перевищує нормативний, то ми можемо вказати, що розрахунок системи електропостачання є прибутковим.

Відповідно до вихідних даних та схеми електричної мережі підприємства, нам необхідно виконати такі розрахунки:

1. Розрахувати величину капітальних вкладень в кабельні лінії та високовольтні вимикачі, та загалом за трансформаторні підстанції.
2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.
3. Зробити розрахунок величини складових експлуатаційних витрат, тобто:

- обрахувати втрати в мережах підприємства;
- обрахувати витрат на заробітну плату;
- зробити обрахунок витрат на матеріали;
- порахувати амортизаційних витрат.

4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві.

Таблиця 4.1 – Дані про трансформаторні підстанції

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Розр. потужність підстанції, кВА
ТП 1	ТМ-630	1	15
ТП 2	ТМ-1000	1	380
ТП 3	ТМ-630	1	50
ТП 4	ТМ-630	1	32
ТП 5	ТМ-1000+ ТМ-160	1	40

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до РП, м	Марка кабелю	К-сть
ТП1-ТП5	450	ААБл 3х120	1
ТП1-ТП5	450	ААБл 3х120	1
РП 10кВ – ТП4	210	ААБл 3х120	1
РП 10кВ – ТП3	150	ААБл 3х120	1
ТП4-ТП2	340	ААБл 3х120	1
ТП2-ТП1	170	ААБл 3х120	1

Рекомендації до виконання підприємством:

1. Оплату за спожиту та використану електроенергію розраховують за тарифом у: 5,085 грн/кВт·год
2. Прийняти норму амортизації – 6%,
3. Нарахування:
 - часта відрахунку в пенсійний фонд – 33,3%,
 - частка відрахунку у фонд зайнятості – 1,5%,
 - частка відрахунку на соціальне страхування – 1,5%.

4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання (СЕП) заводу

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

Капітальні вкладення для ліній електропередач порахуємо як:

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

де n – кількість кабелів в траншеї, шт.

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

L – довжина лінії електропередачі, км;

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

Результати розрахунків внесемо в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кількість	Довжина, км	$K_{\text{пит}}$, тис.грн	$K_{\text{прок}}$, тис.грн	$K_{\text{л}}$, тис.грн
ТП1- ТП5	ААБл 3х120	1	0,450	130,4	6,825	179,11
ТП1- ТП5	ААБл 3х120	1	0,450	130,4	6,825	179,11
РП 10кВ - ТП4	ААБл 3х120	1	0,210	130,4	6,825	83,6
РП 10кВ - ТП3	ААБл 3х120	1	0,150	130,4	6,825	59,7
ТП4 - ТП2	ААБл 3х120	1	0,340	130,4	6,825	135,3
ТП2 - ТП1	ААБл 3х120	1	0,170	130,4	6,825	67,7
ТП1- ТП5	ААБл 3х120	1	0,420	130,4	6,825	167,2
Всього						871,7

Капітальні вкладення для електричних підстанцій [22]:

$$K_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^I K_{\text{псі}} + K_{\text{пост}}, \quad (4.6)$$

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

$K_{\text{пост}}$ – постійні витрати на підстанцію - це витрати, які не залежать від її потужності і пов'язані з її обслуговуванням та експлуатацією. До них відносяться витрати на:

Устроєння території, включаючи облаштування дороги, освітлення, благоустрій тощо.

Створення майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, необхідних для обслуговування підстанції.

Будівництво житла для працівників, які обслуговують підстанцію.

Постійні витрати будемо приймати у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

Результати розрахунків внесемо в табл. 4.4 для кращої наочності.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип тр-ра	Кількість т-рів	К _{од} , тис.грн	К _{пост} , тис.грн =20% К _{од}	К _{пс} , тис.грн
ТП 1	ТМ-630	1	220	44	264
ТП 2	ТМ-1000	1	440	88	528
ТП 3	ТМ-630	1	220	44	264
ТП 4	ТМ-630	1	220	44	264
ТП 5	ТМ-1000	1	440	88	528
ТП 5	ТМ-160	1	129	25,8	154,8
Всього					1999,8

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів. Відповідно до схеми, зображеної на рис.1, кількість вимикачів 10 кВ – 6 шт., а вимикачів Відповідно до рекомендацій приймаємо вартість вимикача 10 кВ рівною 32 тис. грн.

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_B = 6 \cdot 32 = 192 \text{ тис. грн.} \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами та роз'єднувачами:

$$K_{пс} = 1999,8 + 192 = 2191,8 \text{ тис. грн} \quad (4.8)$$

Вартість підстанції

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 871,7 + 2191,8 = 3063,5 \text{ тис. грн.} \quad (4.9)$$

4.3 Розрахунок поточних витрат

4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Щоб визначити планову трудомісткість використаємо формулу, люд.-год./рік:

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

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

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

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

Проведемо розрахунок трудомісткості ремонту електрообладнання та побудуємо таблицю з результатами(табл. 4.6.)

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи устаткування і енергетичного 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];

$K_{\text{ср}}$ – це показник, який характеризує трудомісткість поточного ремонту обладнання і мереж. Він показує, яка частка трудомісткості поточного ремонту необхідна для технічного обслуговування обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, $1/\text{міс}$, $K_{\text{ср}} = 0,1$.

h – кількість обладнання в групі.

Розрахуємо трудомісткість технічного обслуговування іншого електрообладнання та внесемо 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. трудомісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.
Вимикач 10кВ	6	1,00	16,00	96,00	12,00	1,00	72,00
ТМ-630	3	0,33	100,00	99,00	12,00	20,00	720,00
ТМ-1000	2	0,33	120,00	79,20	12,00	20,00	480,00
ТМ-160	1	0,33	60,00	19,80	12,00	20,00	240,00
Кабельна лінія 120 мм ² , км	2,19	1,00	46,00	100,74	1,00	10,50	22,995
Разом				394,04			1465

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд.год.
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	
Вимикач 10кВ	13	1	0,1	12	115,2	187,2
ТМ-630	3	1	0,1	12	360	1080
ТМ-1000	2	1	0,1	12	288	768
ТМ-160	1	1	0,1	12	72	312
Кабельна лінія 120 мм ² , км	2,19	1	0,1	12	96,048	114,318
Разом					931,25	2461,518

Також знайдемо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$N_{\text{обс}} = \frac{2461,518}{1900 \cdot 1,05} = 1,23 \quad (4.12)$$

Та кількість персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$N_{\text{обс}} = \frac{394,74}{1900 \cdot 1,1} = 1,36 \quad (4.13)$$

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

4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

а) для працівників, котрі зайняті на роботах з експлуатації та обслуговування енергообладнання і мереж, розраховуємо за формулою, грн./рік:

$$\Phi_e = N_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_{\text{д}}, \quad (4.14)$$

Розрахунок годинної тарифної ставки проведемо за формулою:

$$t_{\text{ге}} = ((K3 + K4) / 2) \cdot C_1, \quad (4.15)$$

де K3-тарифний коефіцієнт для III розряду; K4 – тарифний коефіцієнт для IV розряду [22];

C_1 – це годинна тарифна ставка, яка відповідає I розряду і визначається за формулою:

$$C_i = \frac{Z_{\text{min}} \cdot k_{r,i}}{\Phi_n}, \quad (4.16)$$

$$C_1 = 6700 \cdot 1 / 176 = 38,06 \text{ (грн./год.)}.$$

Тоді тарифна ставка 3,5 розряду за годину роботу становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((1,18 + 1,27) / 2) \cdot 38,06 = 46,63 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників становитиме:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 46,63 \cdot 1900 = 159474,6 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

б) для працівників, котрі виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати будерозрахований за формулою, грн./рік:

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

$$t_{\text{гр}} = (K4 + K5) / 2 \cdot C_1, \quad (4.20)$$

де K4 – тарифний коефіцієнт для IV розряду; K5 – тарифний коефіцієнти V розрядів [22].

Розрахуємо тарифну ставку 4,5 розряду за годину роботи:

$$t_{гр} = ((1,27+1,36)/2) \cdot 38,06 = 50,1 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = 394,04 \cdot 50,1 = 19741,4 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

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

де Φ_p ремонтного персоналу, грн./рік;

Φ – тарифний фонд;

Φ_e експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати;

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

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

α – частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 159474,6 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 200938 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 19741,4 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 25861,24 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

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:

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

$$\Phi_{оед} = 200938 \cdot 1,15 = 231078,7 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{опд} = 25861,24 \cdot 1,15 = 29740,4 \text{ (грн./рік)}.$$

З метою утворення фонду соціального страхування роботодавці та працівники сплачують страхові внески. З цього фонду фінансуються такі види соціальних виплат:

Виплати по тимчасовій втраті працездатності (в тому числі через хворобу, травму, нещасний випадок на виробництві тощо);

Оплата відпусток по вагітності та пологах;

Санаторно-курортне лікування та організація відпочинку працівників;

Оздоровчі заходи для дітей працівників;

Інші види соціальних виплат, передбачені законодавством України.

Крім того, з заробітної плати здійснюються відрахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ($C_{зп}$) розраховуються за формулою, грн./рік:

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

де $\beta_{з}$ - нарахування у фонд зайнятості,

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

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

Розраховуємо витрати на заробітню плату експлуатаційного персоналу:

$$C_{зпе} = 231078,7 \cdot \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 311956,3 \text{ (грн./рік)},$$

та ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 29740,4 \cdot \left(1 + \frac{32 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 40149,5 \text{ (грн./рік)}.$$

4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Потрібні для розрахунку дані заносимо до табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Матеріал	Ціна матеріалу, грн.	Норми витрат матер. на 100 люд.-год. трудомісткості ремонту і тех. обслуговування		Вартість матеріалу, грн.	
Силові трансформатори		630,00	1000,00	630,00	1000,00
Сталь сортова, кг	24,97	6,00	7,00	149,82	174,79
Провід установлюваний, м	10,36	0,50	0,50	5,18	5,18
Мідь-алюміній (гола), кг	232,52	62,00	62,00	14416,24	14416,24
Картон електроізоляційний, кг	112,08	1,40	1,60	156,91	179,33
Лакотканина (ширина 700мм), м	310,88	0,20	0,21	62,18	65,28
Кабельний папір, кг	91,67	0,60	0,60	55,00	55,00
Стрічка кіперна, кг	1121,10	40,00	41,00	44844,00	45965,10
Стрічка тафтяна, кг	832,80	18,00	24,00	14990,40	19987,20
Стрічка азбестова, м	24470,00	0,05	0,08	1223,50	1957,60
Лаки ізоляційні, кг	134,10	1,50	1,60	201,15	214,56
Емалі ґрунтові, кг	147,11	2,50	3,10	367,78	456,04
Масло трансформаторне, кг	45,45	0,58	1,20	26,36	54,54
Бензин, кг	230,10	0,70	0,90	161,07	207,09
Розчинники кг	64,99	0,80	1,00	51,99	64,99
Маслостійка гума, кг	166,65	0,40	0,50	66,66	83,33
Гума профільна, кг	166,65	0,13	0,09	21,66	15,00
Припій олов'яно-свинцевий, кг	1587,57	0,02	0,02	31,75	31,75
Припій мідно-фосфорний, кг	295,43	0,03	0,00	8,86	0,00
Електроди, кг	54,84	0,15	0,20	8,23	10,97
Засоби кріплення, кг	69,84	2,00	2,50	139,68	174,60
Дріт кручений,	9,12	0,30	0,35	2,74	3,19
Матеріали обтиску, кг	90,90	0,40	0,50	36,36	45,45
Разом:				77027,52	84167,23
Кабельні лінії					
Сталь сортова, кг	24,97	2		49,94	
Електроди, кг	54,84	0,1		5,484	
Разом:				55,424	

Вартість матеріалу на технічну операцію:

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

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

L – сумарна довжина кабелів,

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів,

$C_{\text{ЛЮ}}$ – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, вартість матеріалів на ремонт:

$$C_{\text{мпр}} = 0,01 \cdot (198 \cdot 77027 + 79,2 \cdot 84167 + (2,2 + 2,96 + 0,92) \cdot 55,42) = 142933 \text{ грн/рік};$$

Та вартість матеріалів на технічне обслуговування:

$$C_{\text{мто}} = 0,01 \cdot (1080 \cdot 77027,5 + 768 \cdot 84167 + (114,318) \cdot 55,42) = 1173342,84 \text{ грн/рік}.$$

Також, можна розрахувати і:

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

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

$$C_{\text{обс}} = 311956,3 + 1173342,8 = 1485299,1 \text{ грн/рік};$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

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

$$C_{\text{пр}} = 49523,7 + 142933 = 192933 \text{ грн/рік}.$$

4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знайдемо амортизаційні відрахування за наступною формулою:

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

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 3063500 = 183810 \text{ (грн/рік)}.$$

Інші витрати, які є окремою складовою у кошторисі річних поточних витрат будуть обраховані за наступною формулою:

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

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

$$C_{ip} = 0,25 \cdot (1485299 + 192933 + 183810) = 465510,5 \text{ (грн/рік)}.$$

Після визначення усіх елементів витрат підприємства, які є необхідними для передавання та розподілу електроенергії, введемо їх у таблицю 4.8.

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустановки і мереж	1485299	63,81
Витрати на поточний ремонт	192933	8,29
Витрати на амортизацію	183810	7,90
Інші витрати	465510,5	20,00
Разом	2327552,50	100,00

4.4. Розрахунок собівартості електроенергії

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

Обсяг споживання електричної енергії визначається виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленної (номінальної) потужності всіх електроприймачів, коефіцієнта попиту та 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 $K_{п}$ – коефіцієнт попиту;

P_p – розрахункова потужність і-го цеху, кВт;

$K_{п}$ – коефіцієнт попиту;

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

Можемо визначити річні витрати активної електроенергії для всіх цехів. Результати розрахунків оформимо в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії по цехах

Назва цеху	К-сть змін	T_m , год.	P_p , кВт	$\cos \varphi$	E_a , кВт·год./рік
Механічний цех	1	2000	388,45	0,6	776900
Ливарний цех	1	2000	500,26	0,8	1000520
Насосна станція	1	2000	895	0,8	1790000
Блок допоміжних служб	1	2000	141,98	0,75	283960
Побутовий корпус	1	2000	265,6	0,8	531200
Адмінкорпус	1	2000	203,93	0,8	407860
Їдальня	1	2000	272,06	0,8	544120
Ковальський цех	1	2000	1869	0,8	3738000
Механоскладальний цех №1	1	2000	2975,6	0,75	5951200
Механоскладальний цех №2	1	2000	3395,5	0,8	6791000
Механоскладальний цех №3	1	2000	2451,9	0,8	4903800
Складальний цех	1	2000	814,02	0,8	1628040
Разом			14173,3		28346600

Також, необхідно визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Розрахуємо втрати електроенергії в лініях за наступною формулою:

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

де τ – час максимальних втрат, год./рік;

I_M – максимальний струм у лінії, А;

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

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

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

Струм лінії живлення буде обрахований за наступною формулою, А:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3}U_H}. \quad (4.34)$$

Проведемо обрахунок втрат електроенергії в лініях та занесемо результати заносимо до табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Кабельна лінія	Кфі до	Кфі після	Pc, kW	Qc, kvar	T, год	U, kV	L, km	R0, Ohm/km	C, грн/кВт*год	Втрати
ТП1-ТП5(1000)	1,29	1,28	31,8	11,42	2000	10	0,45	0,44	5,085	51,00817
ТП1-ТП5(160)	1,29	1,28	31,8	11,42	2000	10	0,45	0,44	5,085	51,00817
РП 10кВ -ТП4	1,29	1,27	31,6	10,47	2000	10	0,21	0,44	5,085	23,10584
РП 10кВ -ТП3	1,29	1,28	48	18,23	2000	10	0,15	0,44	5,085	39,26298
ТП4 - ТП2	1,3	1,28	379,9	141,51	2000	10	0,34	0,44	5,085	5634,369
ТП2 - ТП1	1,35	1,3	2100	345,91	2000	10	0,17	0,44	5,085	83732,46
										89531,21

Втрати ЕЕ в ТП визначаються за формулою, тис. кВт·год./рік:

$$\Delta E_T = n \cdot \Delta P_{xx} \cdot T_p + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{кз} \cdot \left(\frac{S_\phi}{S_H} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.35)$$

де S_ϕ - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

n - кількість трансформаторів;

T_p - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

$\Delta P_{кз}$ і ΔP_{xx} – це величини номінальних втрат у трансформаторах, і відповідно, при короткому замиканні та холостому ході, кВт;

S_H - номінальна потужність одного трансформатора, кВА.

Проведемо розрахунок і результати зведемо у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

Номер трансформатора	ΔP_{xx}	ΔP_{kz}	$S_{ном}$	P_c	Q_c	T	K _{фа}	K _{фр}	C	Втрати, $\Delta E_{л}$, кВт·год
Трансформатор ТП 1	1,05	8,5	630	12,290078	4,5504	8760	1,3	1,29	5,085	9474,3876
Трансформатор ТП 2	1,9	10,5	1000	379,88352	141,5057	8760	1,31	1,3	5,085	148303,55
Трансформатор ТП 3	1,05	8,5	630	48,024781	18,22539	8760	1,29	1,28	5,085	13378,532
Трансформатор ТП 4	1,05	8,5	630	31,575597	10,46802	8760	1,35	1,27	5,085	11100,024
Трансформатор ТП 5(1000+160)	1,9	10,5	1000	31,799079	11,424	8760	1,3	1,28	5,085	17543,292
Разом										199799,78

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

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

$$E = 28346600 + 89531,21 + 199799,78 = 28635931 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію буде обрахована:

$$П = 5,085 \cdot 28635931 = 145613709 \text{ (грн.)}; \quad (4.37)$$

4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії може бути обрахована за формулою (4.38), коп./кВтг:

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

де E_a – це річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, а саме - без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

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

Отож, загальні або сумарні витрати підприємства на електроенергію за рік складуть, тис. грн./рік:

$$C_{сум} = П + C_{п}, \quad (4.39)$$

де $C_{п}$ – це річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

$П$ – оплата за спожиту електроенергію;

Річні витрати заводу, які зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають наступні складові, тис.грн/рік:

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

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

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

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

$$C_{\pi} = 1485299 + 192933 + 88698,06 + 465510,5 = 2232440,56 \text{ (грн/рік)}.$$

Згідно формули, сумарні витрати будуть складати:

$$C_{\text{сум}} = 2232440,56 + 145613709 = 147846149 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{147846149 \cdot 100}{28346600} \approx 5,22 \text{ (грн./кВт} \cdot \text{год.)}.$$

Для кращого розуміння результати розрахунків зводимо в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	E_a	28346600	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	E	28635931	кВт·год
Плата за електроенергію	Π	145613709	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	C_{π}	2232440,56	грн
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	147846149	грн
Собівартість електроенергії	S	522	коп/кВт·год

4.5 Висновки до розділу 4

У розділі економічного підрахунку впровадженої системи магістерської кваліфікаційної роботи нами було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників системи електропостачання підприємства ЖВРЗ. Також було проведено розрахунок собівартість електричної енергії, яка склала 522 копійки за кіловат-годину.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі магістерської дипломної роботи розробляються заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в процесі впровадження системи сонячних колекторів задля збільшення енергонезалежності Товариства з обмеженою відповідальністю «Жмеринський вагоноремонтний завод «Експрес», що потребує застосування засобів телемеханіки та телекомунікацій.

На оперативно-ремонтний персонал, який здійснює реконструкцію та експлуатацію системи електропостачання, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [16, 17]:

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, переважно аерозолі фіброгенної дії (нетоксичний 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'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Все силове обладнання заводу повинно відповідати вимогам нормативних документів і на них повинна бути експлуатаційна документація, а крани та інші машини, що придбані за кордоном – повинні мати сертифікат відповідності вимогам безпеки праці. Забороняється експлуатація засобів

механізації без передбачених їх конструкцією огорож, блокувань, систем сигналізації та інших засобів колективного захисту працюючих. До управління і обслуговування машин і механізмів допускаються особи (працівники), що отримали відповідну професійно-технічну підготовку, пройшли навчання і перевірку знань із безпеки праці.

Персонал, який експлуатує засоби механізації, оснащення, пристрої та ручні машини, до початку робіт повинен бути навчений безпечним методам та способам робіт відповідно до інструкцій заводу-виробника та інструкції з охорони праці. Робочі місця, засоби підмоцнування (риштовання, помости, робочі площадки тощо, які забезпечують безпеку виконання робіт на висоті) повинні відповідати вимогам цього розділу, розділу 6 цих норм, ГОСТ 24258, ГОСТ 26887, ГОСТ 27321, ГОСТ 28012. Під час виконання будівельно-монтажних робіт необхідно застосовувати переважно інвентарні засоби підмоцнування.

За відсутності вказівок щодо закріплення риштовань їх кріплення до стін споруди необхідно здійснювати не менше ніж через один ярус для верхніх стояків, через два прогони для верхнього ярусу й одного кріплення на кожних 50 м² проекції поверхні риштовань на фасад споруди. Не допускається кріплення риштовань до парапетів, карнизів, балконів, інших виступних частин споруди.

Робочі навантаження на риштовання в процесі виконання робіт не повинні перевищувати визначених технічною документацією. За необхідності передавання на риштовання додаткових навантажень (від підйомників, вантажопідіймальних площадок тощо) їх конструкцію необхідно перевірити на ці навантаження. У місцях піднімання людей на риштовання повинні бути вивішені плакати, на яких зазначено схеми навантажень, їх величини, а також схеми евакуації працівників на випадок аварійних ситуацій.

Засоби підмоцнування повинні бути зроблені з рівних робочих настилів із зазором між дошками не більше ніж 5 мм, а у разі розміщення настилу на висоті 1,3 м та вище встановлювати огорожі з суцільною бортовою обшивкою по низу. Висота огорожі повинна бути не менше ніж 1,1 м, бортові обшивки -

не менше ніж 0,15 м, відстань між горизонтальними елементами огорожі - не більше ніж 0,5 м. Засоби підмоцнування, які використовуються під час робіт у місцях, під якими здійснюються інші роботи або є прохід, необхідно виконувати настилами без зазорів. Риштовання та помості висотою до 4 м допускаються в експлуатацію після їх приймання керівником робіт та реєстрації в журналі робіт, а вище ніж 4 м- після приймання комісією, призначеною особою, яка відповідає за забезпечення охорони праці в організації, та оформлення відповідного акту.

Під час виконання робіт із риштовань висотою понад 6 м і більше повинно бути улаштовано не менше ніж два настили: робочий (верхній) і захисний (нижній); кожне робоче місце на риштованнях, що прилягає до будинку чи споруди, повинно бути захищене зверху настилом, розташованим на висоті не вище ніж 2 м від робочого настилу. Якщо під час виконання робіт рух людей чи транспорту під риштованнями і поблизу від них не передбачається, улаштування захисного (нижнього) настилу не обов'язкове.

Для забезпечення робіт, що їх провадять в колах вимірювальних приладів і пристроїв релейного захисту, всі вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів струму і напруги слід постійно заземлювати. За необхідності розриву кола струму вимірювальних приладів і реле кола вторинної обмотки трансформатора струму попередньо закорочується на спеціально призначених для цього затискачах.

Розривати кола, підключені до вторинної обмотки трансформатора струму, забороняється. За необхідності розриву цих кіл вони мають бути попередньо замкнуті перемичкою, встановленою до передбачуваного місця розриву (рахуючи від трансформатора струму). Під час встановлення перемички слід застосовувати інструмент з ізолювальними рукоятками. Під час роботи на трансформаторах струму або в колах, підключених до їх вторинних обмоток, слід виконувати такі заходи безпеки: зажими вторинних обмоток до закінчення монтажу кіл, що до них підключаються, мають бути замкнені накоротко. Після приєднання змонтованих кіл до трансформатора струму закоротку слід переносити на найближчу збірку затискачів і знімати

тільки після повного закінчення монтажу та перевірки правильності приєднання змонтованих кіл; під час перевірки полярності до подавання імпульсів струму в первинну обмотку прилади слід приєднувати до затискачів вторинної обмотки.

Робота в колах пристроїв релейного захисту, електроавтоматики і телемеханіки (РЗАіТ) проводиться за виконавчими схемами. Під час робіт в пристроях РЗАіТ слід користуватися слюсарно-монтажним інструментом з ізолювальними рукоятками.

За необхідності проведення будь-яких робіт в колах чи на апаратурі РЗАіТ за умови ввімкненого основного обладнання слід вжити додаткових заходів щодо запобігання його випадковому відключенню. Перемикання, вмикання і вимикання вимикачів, роз'єднувачів та іншої комутаційної апаратури, пускання і зупинення агрегатів, регулювання режиму їх роботи, необхідні під час налагодження або перевірки пристроїв РЗАіТ, провадять тільки оперативні працівники.

5. 1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання заводу 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 [14, 19]:

- 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;
- персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Використовуються основні та додаткові електрозахисні засоби до 1000В. Основні: ізолювальні штанги;

ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками; додаткові: діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки. 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.

5.2. Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1. Мікроклімат

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) [15]. Параметри мікроклімату в виробничому приміщенні, де встановлена лінія, наведено в таблиці 1.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці технологічного персоналу передбачається [20]: в холодну пору року використання калорифера; в літню пору застосування вентиляторів обдува; провітрювання приміщення.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Пб	15-29	70 при 25°С	0,2-0,5
Холодний	Пб	13-23	не більш 75	не більш 0,4

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 [15] наведено в таблиці 5.2.

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

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4
Вуглець (II) оксиду	20		4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено [20]: провітрювання приміщення; цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу в приміщення під час роботи лінії; встановлення пиловловлюючих засобів.

5.2.3. Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – малої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [21] 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		
Малої точності	Від 1,0 до 5 включно	V	Г	середній великий великий	світлий світлий середній	-	200	1	0,6

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).

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

5.2.4. Виробничий шум

Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки» [22] (таблиця 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

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[12].

5.2.5 Виробничі вібрації

Допустимі рівні загальної вібрації на робочих місцях приймаються за вимогами ДСН 32.23-85 [23] і наведені в таблиці 5.5.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації

шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок 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	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	-	-	-	-

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 [16]. 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 (ккал/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кг/(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, кг – до 30 кг; 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 (кг/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 взаєморозташування 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; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності

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

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності - є відповідальним за функціональну якість основної роботи; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

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

5.3. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи сонячних колекторів в умовах дії загрозливих чинників НС.

Сонячні колектори є одним із найпоширеніших видів відновлюваних джерел енергії. Вони використовуються для виробництва тепла та електроенергії. Однак, у разі виникнення надзвичайних ситуацій, система сонячних колекторів може бути пошкоджена або знищена, що призведе до припинення її роботи.

До загрозливих чинників НС, які можуть вплинути на роботу системи сонячних колекторів, належать:

- Іонізуюче випромінювання, наприклад, при ядерному вибуху.

- Електромагнітний імпульс (ЕМІ), наприклад, при ядерному вибуху або електромагнітному ударі (ЕМР).

Іонізуюче випромінювання

Іонізуюче випромінювання може пошкодити або знищити систему сонячних колекторів, пошкодивши їхні компоненти, такі як:

- Сонячні модулі.
- Системи теплообміну.
- Контролюючі та керуючі системи.

Іонізуюче випромінювання може пошкодити:

- сонячні модулі, викликавши в них дефекти напівпровідникових матеріалів, з яких вони виготовлені. Це може призвести до зниження ефективності модулів або навіть їх повного руйнування.
- системи теплообміну, викликавши корозію або руйнування їхніх компонентів. Це може призвести до зниження ефективності теплообміну або навіть до повної зупинки роботи системи.
- контролюючі та керуючі системи, викликавши в них відмову або порушення роботи. Це може призвести до неконтрольованого відключення системи або навіть до її вибуху[26, 27].

Електромагнітний імпульс може пошкодити систему сонячних колекторів, пошкодивши їхні електричні компоненти, такі як:

- Контролюючі та керуючі системи;
- Електричні мережі.

ЕМІ може викликати перенапругу в електричних мережах, контролерах і керуючих системах, що може призвести до пошкодження або навіть руйнування електричних компонентів системи сонячних колекторів.

Практика експлуатації електронної апаратури (ЕА) в умовах дії радіоактивних випромінювань дає можливість зробити висновки:

1. ЕА може раптово втратити працездатність при певних рівнях радіації (критичних).

2. В елементах схем ЕА можуть початись зворотні або незворотні процеси через деякий час після випадання радіоактивних опадів при рівнях радіації значно нижчих критичних.

5.3.1. Дослідження безпеки роботи системи сонячних колекторів в умовах дії іонізуючих випромінювань

За критерій безпеки роботи системи сонячних колекторів приймається таке максимальне значення рівня радіації ($p_{гр}$, Р/год), при яких вузлові елементи мережі ще будуть працювати з потрібною якістю.

Перелік основних елементів вузлових точок мережі та граничні значення доз опромінення для них наведено в таблиці 5.6 [13].

Таблиця 5.6 - Визначення межі стійкості об'єкта в умовах дії іонізуючих випромінювань

П/П	Блок	Елементи і матеріали мереж	Граничне значення рівня радіації, $P_{зв.і}$, (Р/год)	Граничне значення рівня радіації в цілому, $P_{зв}$, (Р/год)
1	Блок контролю та живлення	Напівпровідникові елементи КТ 3102В	10^5	10^3
		Мікросхеми SN74HC02N	10^5	
		Інтегральні схеми СРС 5622	$5 * 10^5$	
		Конденсатори SMD 1206	10^6	

Продовження таблиці 5.6

Порядковий номер	Блок	Елементи і матеріали мереж	Граничне значення рівня радіації, $P_{зв.i}$, (Р/год)	Граничне значення рівня радіації в цілому, $P_{зв}$, (Р/год)
1	Блок контролю та живлення	Резистори SMD1206 0,125- 10kOhm	10^7	10^3
		Випрямлячі	10^6	
		Магнітні матеріали	10^7	
2	Блок колекторів	Керамічні елементи	10^{20}	
		Боросилікатне скло	10^6	

За мінімальним значенням $P_{зв.i}$ межа стійкості системи в цілому складає $P_{зв} = 10^3$, Р/год.

Можлива доза опромінення протягом експлуатації в заданих умовах становитиме:

$$P_{гр} = \frac{D_{гр} \cdot K_{пос}}{2 \cdot (\sqrt{t_k} - \sqrt{t_{п}})} \text{ [Р/год] } , \quad (5.1)$$

де $K_{пос}$ – коефіцієнт послаблення ($K_{пос} = 1$);

$t_{п}$ – час початку опромінення ($t_{п} = 1$ год);

$t_k = t_{р.макс} + t_{п}$;

$t_{р.макс}$ – максимальна тривалість роботи ($t_{р.макс} = 87600$ год. (10 років)).

Отже, $t_k = 87600 + 1 = 87601$ год.

$$P_{гр} = \frac{10^3 \cdot 1}{2 \cdot (\sqrt{87601} - \sqrt{1})} = 1,695 \text{ (Р/год) } .$$

Визначимо допустимий час роботи блоків електромережі в заданих умовах:

$$t_{\text{доп}} = \left(\frac{D_{\text{гр}} \cdot K_{\text{посл}} + 2 \cdot P_{\text{гр}} \sqrt{1}}{2 \cdot P_{\text{гр}}} \right)^2 [\text{год}], \quad (5.2)$$

$$t_{\text{доп}} = \left(\frac{10^3 \cdot 1 + 2 \cdot 1,695}{2 \cdot 1,695} \right)^2 = 87607 [\text{год}].$$

Таким чином, блок живлення системи електропостачання буде безпечно працювати 10 років, якщо граничне значення рівня радіації не перевищуватиме значення 1,695 Р/год.

5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи сонячних колекторів в умовах дії електромагнітного імпульсу

Для оцінки безпеки роботи системи сонячних колекторів в умовах дії ЕМІ необхідно визначити значення наведеної напруги при напруженості електромагнітного поля $E = 10$ кВ/м.

на кожній ділянці потрібно визначити максимальну довжину вертикальної та горизонтальної струмопровідної частини. Беремо максимальні значення розмірів:

$$L_{B1} = 0,3 \text{ м}, L_{Г1} = 0,44 \text{ м для напруги } U_{\text{ж}} = 5 \text{ В};$$

$$L_{B2} = 0,5 \text{ м}; L_{Г2} = 10 \text{ м для напруги } U_{\text{ж}} = 220 \text{ В}.$$

Обрахуємо основні величини для подальшого аналізу безпеки системи сонячних колекторів до ЕМІ.

Напруга, що буде наводитись в струмопровідній частині:

$$U_{B(\Gamma)} = E \cdot L_{B(\Gamma)} [\text{В}], \quad (5.3)$$

де $U_{B(\Gamma)}$ – напруга, наведена у вертикальних (горизонтальних) частинах, В;

$E_{B(\Gamma)}$ – напруженість ЕМІ, кВ/м.

$$U_{B1} = 10 \cdot L_{B1} = 10 \cdot 0,3 = 3 \text{ (В)};$$

$$U_{Г1} = 10 \cdot L_{Г1} = 10 \cdot 0,44 = 4,4 \text{ (В)};$$

$$U_{B2} = 10 \cdot L_{B2} = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ (В)};$$

$$U_{Г2} = 10 \cdot L_{Г2} = 10 \cdot 10 = 100(\text{В}).$$

Визначимо критерій стійкості через коефіцієнт безпеки K_B :

$$K_B = 20 \cdot \lg \frac{U_{\text{доп}}}{U_{\text{В(Г)}}} \geq 40 [\text{Дб}]. \quad (5.4)$$

де $U_{\text{доп}}$ – допустима напруга живлення, В;

Допустиме коливання напруги живлення

$$U_{\text{доп}} = U_{\text{ж}} + \frac{U_{\text{ж}} \cdot n}{100} [\text{В}], \quad (5.5)$$

де $U_{\text{ж}}$ – напруга живлення, В;

n – відхилення напруги від номінального значення, %.

$$\text{Для напруги 5 В: } K_{\text{БВ1}} = 20 \cdot \lg \frac{5 + 5 \cdot 0,25}{3} = 6,38 \text{ (Дб)};$$

$$\text{Для напруги 5 В: } K_{\text{БГ1}} = 20 \cdot \lg \frac{6,25}{4,4} = 3,049 \text{ (Дб)}.$$

$$\text{Для напруги 220 В: } K_{\text{БВ2}} = 20 \cdot \lg \frac{242}{5} = 20 \cdot (1,68) = 33,6 \text{ (Дб)};$$

$$\text{Для напруги 220 В: } K_{\text{БГ2}} = 20 \cdot \lg \frac{242}{100} = 20 \cdot (0,38) = 7,6 \text{ (Дб)}.$$

Нормою критерію стійкості для обох мереж встановлено $K_B \geq 40$ Дб: отже, блок живлення системи сонячних колекторів не зможе працювати стійко; для нього потрібен додатковий захист.

5.3.3 Розробка превентивних заходів з безпеки роботи елементів системи сонячних колекторів в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Відповідно до розрахунків, в умовах дії іонізуючих випромінювань до рівня радіації 1,695 Р/год, система електропостачання буде безпечно працювати майже увесь допустимий час роботи обладнання – протягом 87607 год.

Дослідження безпеки роботи системи сонячних колекторів в умовах дії ЕМІ показала, що обладнання мережі 5 В та мережі 220 В потребує додаткового захисту у вигляді екранування.

Щоб визначити необхідну товщину екрану, знайдемо відповідне перехідне затухання для цього екрану:

$$A_{\text{екр}} = K_{\text{Бном}} - K_{\text{Бмін}}, \quad (5.6)$$

де $K_{\text{Бном}}$ – номінальний коефіцієнт безпеки ($K_{\text{Бном}} = 40\text{дБ}$);

$K_{\text{Бмін}}$ – мінімальний коефіцієнт безпеки, отриманий при розрахунках.

Для кола $U_{\text{ж}} = 5\text{В} - A_5 = 40 - 3,049 = 36,951$ (дБ).

Для кола $U_{\text{ж}} = 220\text{В} - A_{220} = 40 - 7,6 = 32,4$ (дБ).

Товщину захисного екрану знайдемо за формулою

$$t = \frac{A_{\text{екр}}}{k \cdot \sqrt{f}} \text{ [см]}. \quad (5.7)$$

де $k = 5,2$ (для сталі);

$f = 15000$ (Гц) – найбільш характерна частота.

Для напруги 220 В – $t = \frac{36,951}{5,2 \cdot \sqrt{15000}} = 0,058 \approx 0,06$ (см).

Для підвищення стійкості обладнання до ЕМІ, необхідно встановити захисний екран із сталі з товщиною стінок не менш, ніж 0,06 (см).

Окрім того, для захисту сонячних колекторів від радіоактивного та електромагнітного випромінювання та інших чинників можна вжити таких заходів:

- використання в апаратурі радіаційно-стійких елементів і матеріалів;
- застосування для приміщень різних загальних екранів або активного захисту від дії радіації;
- використання схем, малочутливих до зміни електричних параметрів;
- зменшення чутливості перемикальних схем до зміни вхідних сигналів і напруги джерел живлення;
- зниження напруги живлення на аноді і збільшення негативного зміщення сіток газорозрядних приладів;

- застосування пристроїв, що вимикають радіоелектронні блоки на час дії радіації;
- збільшення відстані між елементами, які знаходяться під навантаженням та ін.

Висновки до розділу 5

У даному розділі магістерської дипломної роботи були розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

Відповідно до розроблених заходів, безпечна організація роботи забезпечується шляхом використання відповідного силового обладнання, засобів механізації, оснащення, пристроїв та ручних машин, які відповідають вимогам нормативних документів.

Для забезпечення електробезпеки передбачається розміщення неізольованих струмопровідних елементів в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах, використання засобів орієнтації в електроустаткуванні, підвід кабелів до споживачів у закритих конструкціях підлоги. Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту.

Заходи, розроблені в розділі, дозволять забезпечити безпечні умови праці для персоналу, який здійснює монтаж та експлуатацію системи електропостачання.

В результаті аналізу безпеки системи сонячних колекторів на підприємстві ТОВ ЖВРЗ «ЕКСПРЕС» було встановлено, що при іонізаційному випромінюванні, яке не перевищує 1,695 Р/год і система сонячних колекторів буде стабільно працювати 87607 годин.

При електромагнітному імпульсі система буде працювати нестабільно, оскільки обрахований критерій стійкості менший за встановлений за нормативними документами $K_b \geq 40$ дБ. Для забезпечення стабільності роботи системи при іонізаційному випромінюванні та електромагнітному імпульсі було вирішено додатково захистити блок живлення, тобто обрахувати товщину

екрану для додаткового захисту для блоку живлення. Товщина захисного екрану повинна складати не менше 0,05 см.

ВИСНОВКИ

У даній магістрській дипломній роботі було обраховано та проаналізовано перспективність встановлення системи сонячних колекторів на одному з цехів ТОВ ЖВРЗ «ЕКСПРЕС». Також були розроблені рекомендації по економії енергоресурсів.

Аналіз енергоспоживання показав, що можна зменшити споживання газу та частини електроенергії для забезпечення опалення та гарячого водопостачання шляхом встановлення системи сонячних колекторів, яка дозволить задовольнити зазначені потреби за рахунок відновлюваної енергії. Також, це призведе до зниження споживання електроенергії з мережі, що теж є одним з важливих аспектів покращення стабільності системи.

Розрахунок економічної ефективності встановлення системи сонячних колекторів показав, що окупність інвестицій у даний проект складе близько 7 років.

Крім економічної ефективності, встановлення системи сонячних колекторів також має ряд інших переваг. Зокрема, це:

- зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу;
- підвищення екологічної безпеки підприємства;
- підвищення привабливості підприємства для інвесторів та клієнтів.

Таким чином, встановлення системи сонячних колекторів є перспективним напрямком розвитку ТОВ ЖВРЗ «ЕКСПРЕС». Це дозволить підприємству підвищити свою енергонезалежності, зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу та підвищити свою конкурентоспроможність.

Розділ який включає в себе заходи з охорони праці та безпеки життєдіяльності є необхідний для обрахунку та ознайомлення усіх енергетичних менеджерів, підпорядкованим працівникам та усього персоналу підприємства, так як цей розділ має на меті не лікування, а попередження всіх видів хвороб пов'язаних з виробництвом, травмувань, та головніше за все – каліцтв і смертей, які трапляються на виробництві внаслідок недотримання норм та правил техніки безпеки і як наслідок виробничих травм. Було проведено аналіз якості повітря та освітлення, гучності і шуму на робочих

місцях працівників, результати перевірки виявились задовільними, та згідно ДСТУ працівники можуть працювати без надмірної шкоди для їхнього здоров'я.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005. 148 с.
2. Барибін Ю.Г., Бабахаян И.С., Бейдер А.А. Довідник по проектуванню електропостачання: довідник., 1990. 576 с.
3. Правила установки електроустановок. Харків: Індустрія, 2007. 416 с.
4. Неклепаєв Б. Н., Крючков И. П. Электрична частина станцій і підстанцій: навч. посіб. Москва, 1989. 607 с.
5. Довідник по проектуванню електричних мереж і електро-обладнання / за ред. Ю.Г.Барибін.: Енергоатомвидат, 1991. 464 с.
6. РТМ 36.18.32.4-92 Вказання по розрахунку електричних навантажень.
7. ГОСТ 14209-97 Керівництво по навантаженню силових масляних трансформаторів.
8. Силові трансформатори. Веб-сайт URL: <http://www.lvmarket.com.ua/silovi-transformatori> (дата звернення 05.12.2023).
9. Показники якості електроенергії. Веб-сайт URL: <https://ltke.com.ua/ua/dovidnik-spozhivacha/osnovni-pokazniki-yakosti-elektroenergi%D1%97-ta-nadijnist-elektropostachannya/> (дата звернення 05.12.2023).
10. Показники якості електроенергії. Веб-сайт URL: <https://kiroe.com.ua/pokazniki-yakosti-elektroenergi> (дата звернення 05.12.2023).
11. Вимикачі навантаження Веб-сайт URL: <http://001.com.ua/uk/vymykachi-navantazhennya-c756> (дата звернення 05.12.2023).
12. Боротьба з шумом на виробництві: Довідник / За ред. Е.Я.Юдіна. - М.: Машинобудування, 1985. 400 с.
13. Довідник по охороні праці на промисловому підприємстві /К.Н.Ткачук, Д.Ф.Иванчук, Р.В.Сабарно, А.Г.Степанов. - К.: Техника, 1991. 285 с.

14. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
15. 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>.
16. 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.
17. 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. 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 05.12.2023)
18. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/dbn_a322_2009/1-1-0-945 (дата звернення 05.12.2023)
19. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила улаштування електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок (Правила устро́йства електроустановок. Электрооборудование специальных установок). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>. (дата звернення 05.12.2023)
20. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с. веб-сайт. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення 05.12.2023)
21. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885 (дата звернення 05.12.2023)

22. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>. (дата звернення 05.12.2023)
23. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>. (дата звернення 05.12.2023)
24. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>. (дата звернення 05.12.2023)
25. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759 (дата звернення 05.12.2023)
26. S.A. Kalogirou, R. Agathokleous, G. Barone, A. Buonomano, C. Forzano, A. Palombo, Development and validation of a new TRNSYS Type for thermosiphon flat-plate solar thermal collectors: energy and economic optimization for hot water production in different climates, *Renewable Energy*, Volume 136, 2019, Pages 632-644, ISSN 0960-1481, URL: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.12.086>. (дата звернення 07.12.2023)
27. Siddharth Suman, Mohd. Kaleem Khan, Manabendra Pathak, Performance enhancement of solar collectors—A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 49, 2015, Pages 192-210, ISSN 1364-0321, URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.04.087>. (дата звернення 07.12.2023)
28. Ennio A. Carnevale, Lorenzo Ferrari, Simone Paganelli, Investigation on the feasibility of integration of high temperature solar energy in a textile factory, *Renewable Energy*, Volume 36, Issue 12, 2011, Pages 3517-3529, ISSN 0960-1481, URL: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2011.06.001>. (дата звернення 07.12.2023)
29. A. Thomas, Operation and performance of the solar steam generation system installed at the government silk factory, Mysore, *Energy Conversion and Management*, Volume 33, Issue 3, 1992, Pages 191-196, ISSN 0196-8904, URL:

[https://doi.org/10.1016/0196-8904\(92\)90125-G](https://doi.org/10.1016/0196-8904(92)90125-G). (дата звернення 07.12.2023)

30. D. O. Gnatyuk, S. S. Nykyporets. Renewable energy: a chance for employment growth in Ukraine. Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи. Всеукр. наук.-практ. конф. 2019 р. Вінниця : ВНТУ , 2019. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2019/paper/viewFile/8197/6855>

(дата звернення 05.12.2023).

31. Гнатюк Д.О., Шулле Ю.А. Системний підхід у впровадженні енергоменеджменту на підприємствах. І Наук.-тех. конф. факультету електроенергетики та електромеханіки (2021) веб-сайт. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2021/paper/view/12503/10432> (дата звернення 05.12.2023)

32. Шулле Ю.А., Гнатюк Д.О. Впровадження енергоменеджменту на ТОВ «Жмеринський вагоноремонтний завод «ЕКСПРЕС». ІІ Наук.-тех. конф. факультету електроенергетики та електромеханіки: веб-сайт. (2022) URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2022/paper/view/15241/12834> (дата звернення 05.12.2023)

33. Шулле Ю.А., Гнатюк Д.О. Системний підхід у впровадженні енергоменеджменту на підприємствах. VIII Міжнародна науково-технічна інтернет-конференція «Підвищення рівня ефективності енергоспоживання в електротехнічних пристроях і системах» 24 грудня 2020 р. Луцький національний технічний університет: веб-сайт. (2022) URL: <http://lutsk-ntu.com.ua/uk/viii-mizhnarodna-naukovo-tehnichna-internet-konferenciya-pidvishchennya-rivnya-efektivnosti> (дата звернення 05.12.2023)

34. Оцінки вироблення сонячної енергії для Вінницької області URL: <https://globalsolaratlas.info/detail?c=49.348388,27.932739,8&s=49.045924,28.1013&m=site&pv=small,180,36,1> (дата звернення 22.11.2023)

35. Зведення погодних умов за вересень місяць URL: <https://www.meteoprog.com/ua/weather/Zhmerynka/month/september/> (дата звернення 22.11.2023)

36. Порівняння аналізів життєвого циклу компактних люмінесцентних ламп і ламп розжарювання на основі номінального терміну служби компактних люмінесцентних ламп веб-сайт. URL: <https://p2infohouse.org/ref/47/46011.pdf> (дата звернення 22.11.2023)

37. Yuchen Li, Shunong Zhang, Rui Kang and M. Pecht, «Return on Investment of a LED lighting system,» 2011 Prognostics and System Health Managment Confernece, Shenzhen, China, 2011, pp. 1-5, doi: 10.1109/PHM.2011.5939555.

38. Y. Tian, C.Y. Zhao, A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications, Applied Energy, Volume 104, 2013, Pages 538-553, ISSN 0306-2619, веб-сайт. URL <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.11.051> (дата звернення 22.11.2023).

39. Методичні рекомендації «Санітарно-гігієнічні вимоги щодо використання систем променевого опалення в виробничих приміщеннях» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://document.ua/pro-zatverdzhennja-metodichnih-rekomendacii-sanitarno-gigien-doc17891.html> (дата звернення 22.11.2023).

40. Дмитро Олегович Гнатюк, Юлія Андріївна Шулле, Використання системи сонячних колекторів задля збільшення енергонезалежності підприємства, Матеріали LIII науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2024). Збірник наукових праць [Електронний ресурс], Вінниця: ВНТУ, 2023-2024. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2024/paper/view/19636>

40. Дмитро Олегович Гнатюк, Світлана Степанівна Никипорець, Use of photovoltaic power plants in the Kherson region, Матеріали LII Науково-технічна конференція факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії Вінницького національного технічного університету (2023). Збірник наукових праць [Електронний ресурс], Вінниця: ВНТУ, 2023. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/17850/14820> (дата звернення 07.12.2023).

Додатки

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ЕСЕМ

_____ 2023р.
“ ” _____

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.

“ 18 ” вересня 2023 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ЗАДЛЯ
ЗБІЛЬШЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ
ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ ЖМЕРИНСЬКИЙ ВАГОНОРЕМОНТНИЙ ЗАВОД
«ЕКСПРЕС»

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Шулле Ю.А.

(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕМ-22м

Гнатюк Д.О.

(підпис)

Вінниця 2023 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 247 від 18.09.2023р.

Дата початку роботи 23.09.2023р.

Дата закінчення роботи 03.12.2023р.

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

а) Метою данної магістерської кваліфікаційної роботи є оптимізація наявної системи енергопостачання ТОВ ЖВРЗ «ЕКСПРЕС» шляхом часткової модернізації наявних систем розподілу та споживання електро-, тепло- та інших видів енергії.

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 Терешкевич Л.Б., Демов О.Д., Шулле Ю.А. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи студентами спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Вінниця: ВНТУ, 2016 р.

3.2 Лисенко Г.Л., Буда А.Г., Обертюх Р.Р. Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) у Вінницькому національному технічному університеті. Вінниця: ВНТУ, 2006 р.

3.3. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Вінниця: ВНТУ, 2005 р.

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

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для дослідження	16.09.2023	30.09.2023
4.2 Проведення дослідних розрахунків	30.09.2023	05.09.2023
4.3 Розробка робочих креслень	06.11.2023	03.11.2023
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	03.12.2023	12.12.2023

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

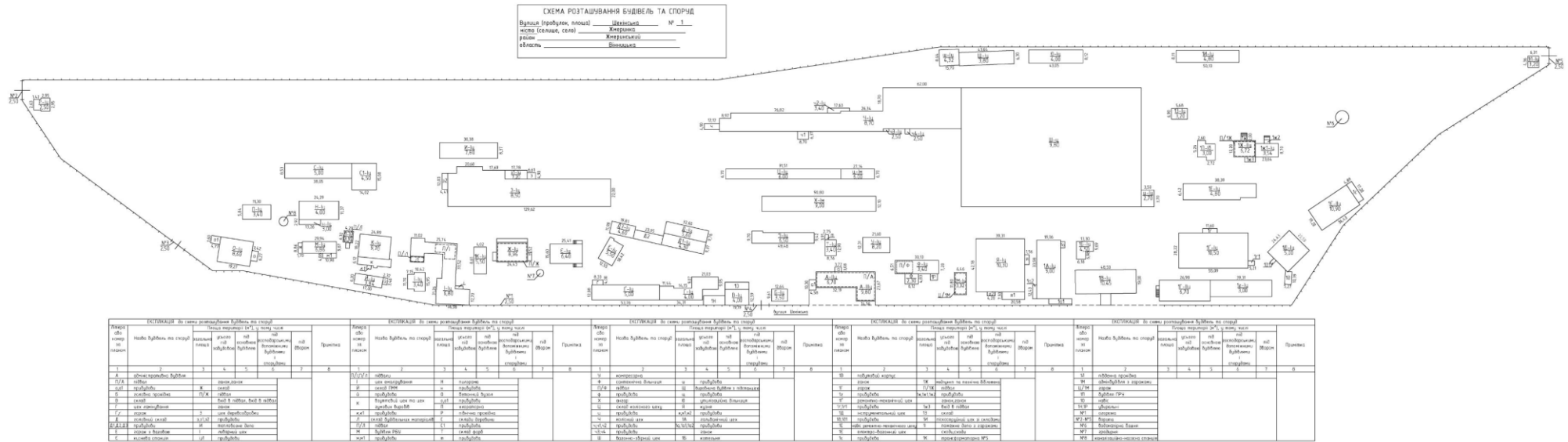


Рисунок А.1 – Генплан підприємства

Таблиця Б.1 – Відомості про електричні навантаження заводу

	Споживачі	Рм, кВт
1	Механічний цех	388,45
2	Ливарний цех	500,26
3	Насосна станція	895
4	Блок допоміжних служб	141,98
5	Побутовий корпус	265,6
6	Адмінкорпус	203,93
7	Їдальня	272,06
8	Ковальський цех	1869
9	Механоскладальний цех №1	2975,6
10	Механоскладальний цех №2	3395,5
11	Механоскладальний цех №3	2451,9
12	Складальний цех	814,02

Додаток В
ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Впровадження системи сонячних колекторів задля збільшення енергонезалежності Товариства з обмеженою відповідальністю Жмеринський Вагоноремонтний Завод «ЕКСПРЕС»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ: кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

факультет електроенергетики та електромеханіки
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 84.9% Схожість 15.1%

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)

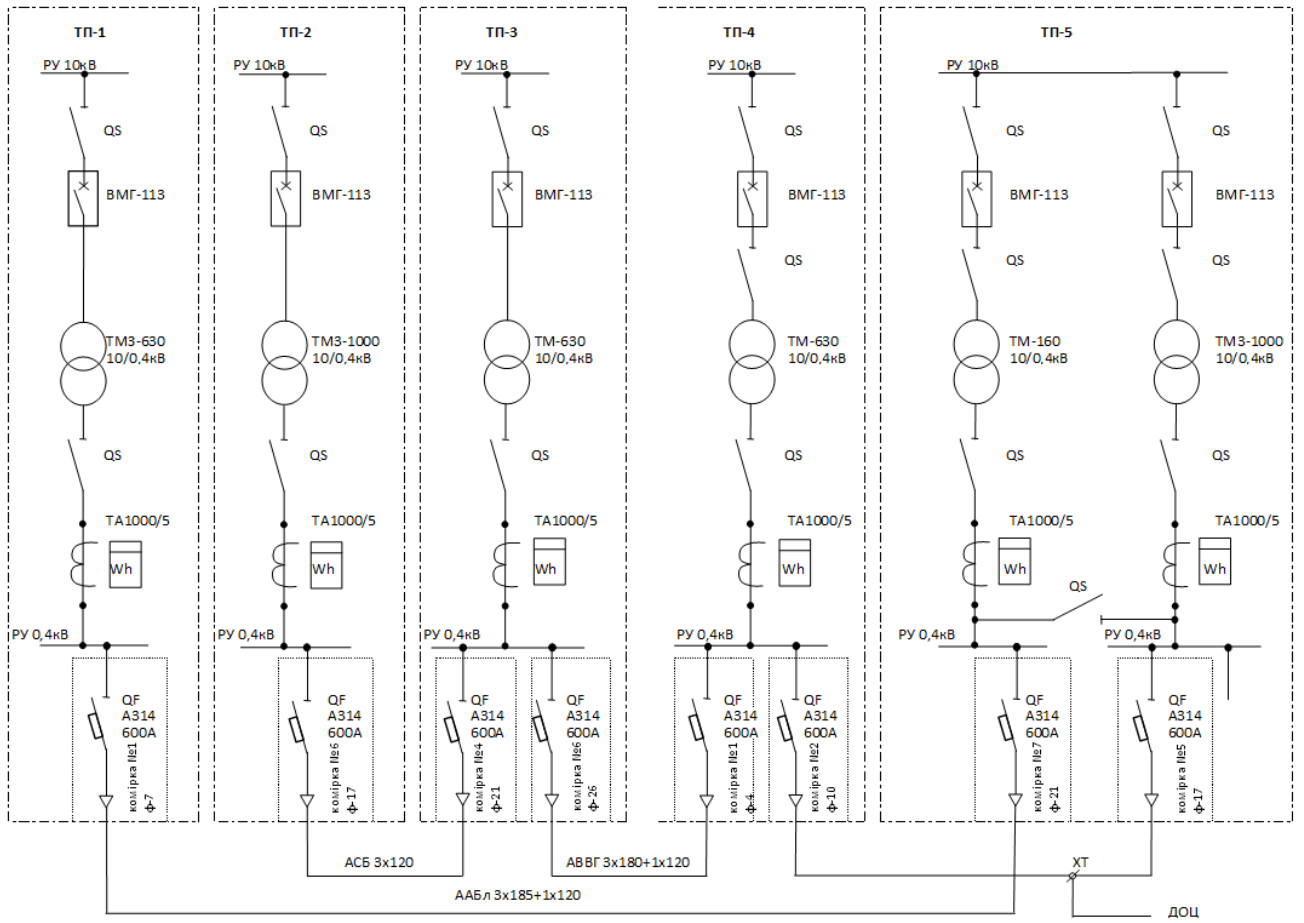
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи _____ Гнатюк Д.О.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Додаток Г

Однолінійна схема електропостачання підприємства



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
(повна назва кафедри)
менеджменту

Презентація до захисту дипломної роботи за темою:
ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ ЗАДЛЯ ЗБІЛЬШЕННЯ
ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
ЖМЕРІНСЬКИЙ ВАГОНРЕМОНТНИЙ ЗАВОД «ЕКСПРЕС»

Виконав: студент 5-го курсу, групи ЕМ-22м
спеціальності 141 – Електроенергетика електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

Гнатюк Д.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ

Шулле Ю.А.

2

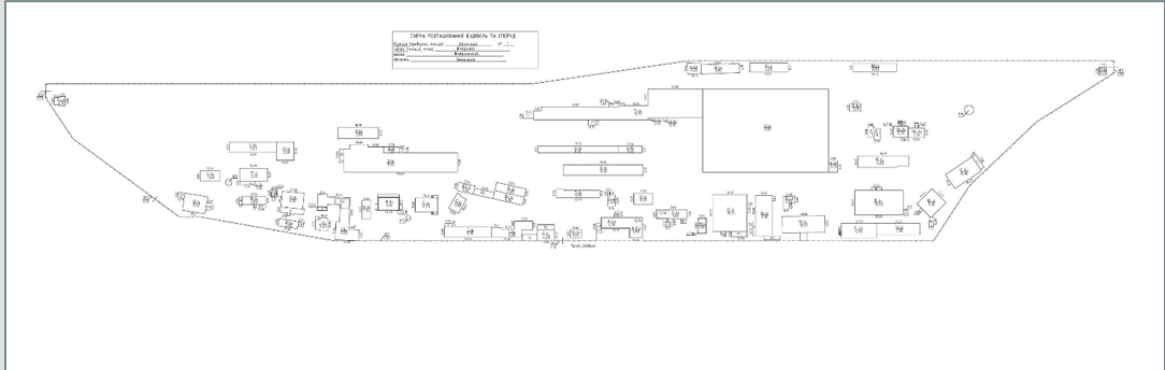
Сутність роботи

Мета роботи: Метою данної магістерської кваліфікаційної роботи є оптимізація наявної системи енергопостачання ТОВ ЖВРЗ «ЕКСПРЕС» шляхом часткової модернізації наявних систем розподілу та споживання електро-, тепло- та інших видів енергії.

Основні задачі Метою данної магістерської кваліфікаційної роботи є оптимізація наявної системи енергопостачання ТОВ ЖВРЗ «ЕКСПРЕС» шляхом часткової модернізації наявної системи тепlopостачання шляхом впровадження системи сонячних колекторів.

Практичне значення одержаних результатів: Практичне впровадження розглянутої системи є універсальною можливістю модернізувати систему опалення/використання теплої води у домогосподарстві та/або підприємстві та швидко окупити систему

Генеральний план

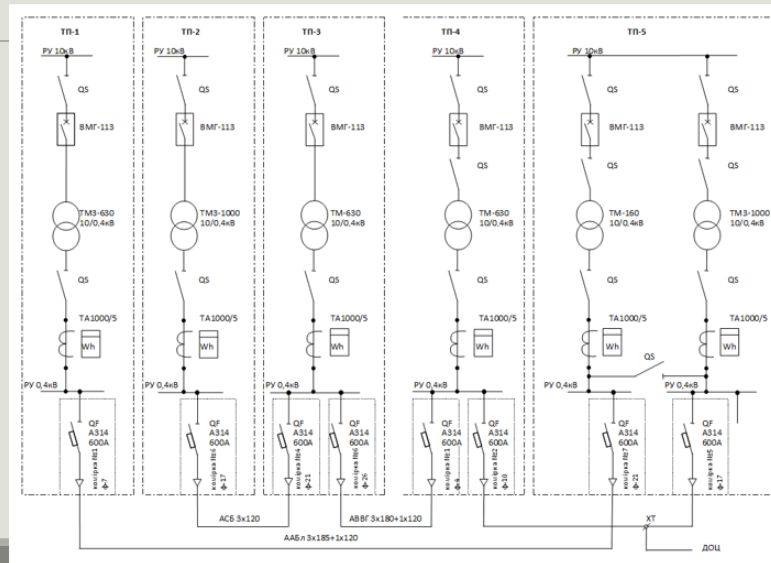


Діаграма номінальної потужності цехів

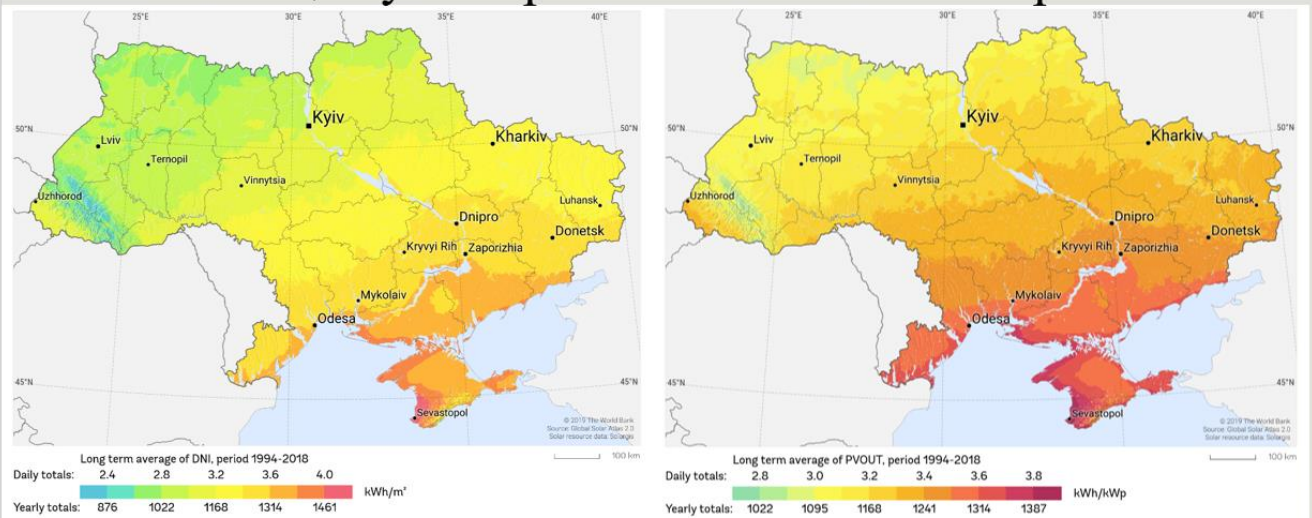
	Споживачі	Рм, кВт
1	Механічний цех	388,45
2	Ливарний цех	500,26
3	Насосна станція	895
4	Блок допоміжних служб	141,98
5	Побутовий корпус	265,6
6	Адмінкорпус	203,93
7	Їдальня	272,06
8	Ковальський цех	1869
9	Механоскладальний цех №1	2975,6
10	Механоскладальний цех №2	3395,5
11	Механоскладальний цех №3	2451,9
12	Складальний цех	814,02



Схема живлення



Порівняння карти сонячного випромінення та карти потенціалу використання сонячної енергії

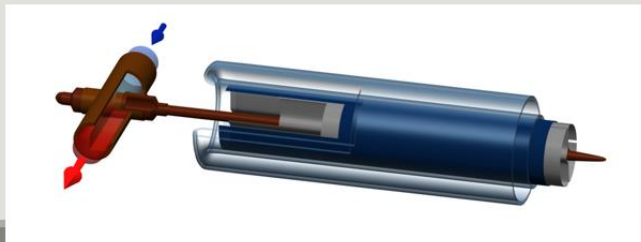
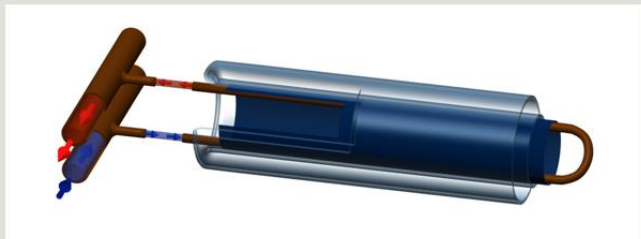


Види сонячних колекторів

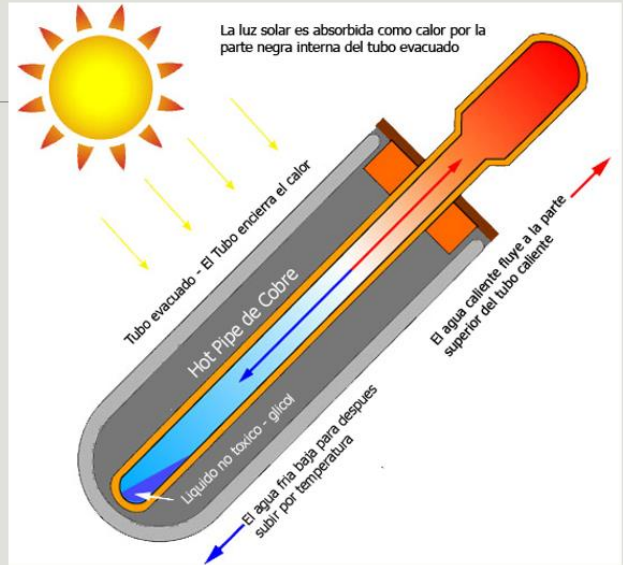
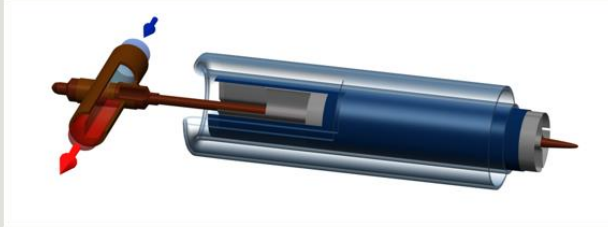


Плоскі колектори

Вакуумні колектори



Принцип роботи

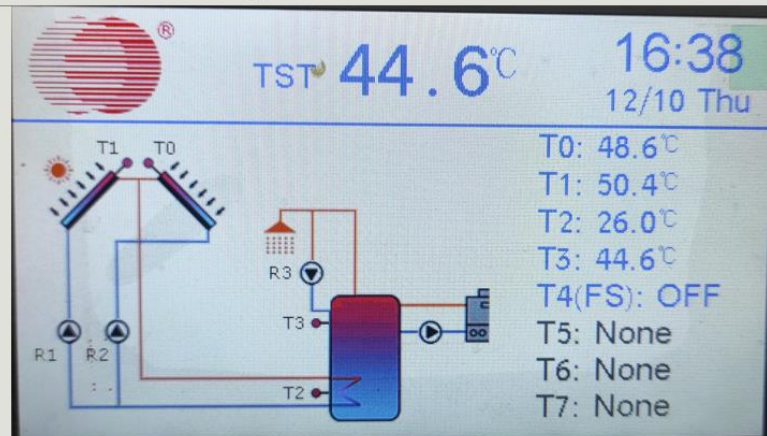


Гібридні системи



Тип колектора	Переваги	Недоліки
Вакуумні трубчасті	Низькі тепловтрати, продуктивність в холодну пору року до -30С, здатність генерувати високі температури, тривалий період роботи протягом доби, зручність монтажу, низька парусність, відмінне співвідношення ціна/продуктивність для помірних широт та холодного клімату	Нездатність до самоочищення від снігу, відносно висока початкова вартість проекту, робочий кут нахилу не менше 20"
Плоскі колектори	Здатність очищатися від снігу та інею, висока продуктивність влітку, відмінне співвідношення ціна/продуктивність для південних широт та теплого клімату, можливість встановлення під будь-яким кутом, менша початкова вартість	Високі тепловтрати, низька продуктивність у холодну пору року, складність монтажу, пов'язана з необхідністю доставки на дах зібраного колектора, висока парусність
PV/T гібрид	Можливість виробляти електроенергію та тепло, можливість встановлення під будь-яким кутом, здатність очищатися від снігу та інею, висока продуктивність влітку	Високі тепловтрати, нездатність генерувати високі температури, відносна складність монтажу, висока парусність, висока початкова вартість проекту

Схема підключення системи колекторів

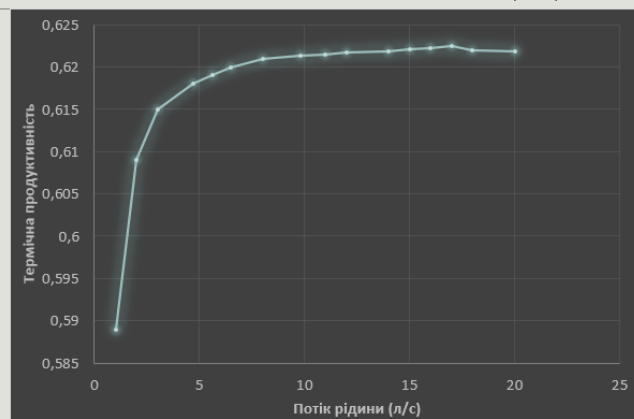
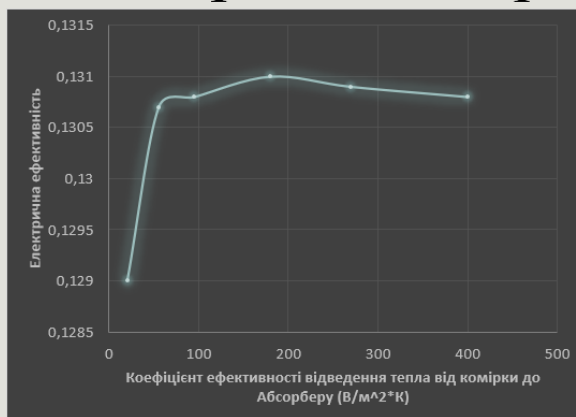


Особливість реле SR1568

В реле SR1568 реалізовано наступні функції:

1. Аварійне відключення колектора. Задля запобігання перегріву колекторної системи.
2. Захист від замерзання. При опусканні температури менше за CRF O вмикається насос циркуляції з баком, а на екрані відображається надпис ANTIFREEZE.
3. Функція керування швидкості насосів
4. Паралельна робота. Якщо в системі більше за один бак з водою.
5. Функція вихідного дня. Використовується для роботи системи коли немає споживання води. Ця функція дозволяє охолоджувати систему так, щоб зменшити теплове навантаження.

Теоретично обраховане значення ККД



Висновки

У даній магістрській дипломній роботі було обраховано та проаналізовано перспективність встановлення системи сонячних колекторів на одному з цехів ТОВ ЖВРЗ «ЕКСПРЕС». Також були розроблені рекомендації по економії енергоресурсів.

Аналіз енергоспоживання показав, що можна зменшити споживання газу та частини електроенергії для забезпечення опалення та гарячого водопостачання шляхом встановлення системи сонячних колекторів, яка дозволить задовольнити зазначені потреби за рахунок відновлюваної енергії. Також, це призведе до зниження споживання електроенергії з мережі, що теж є одним з важливих аспектів покращення стабільності системи.

Розрахунок економічної ефективності встановлення системи сонячних колекторів показав, що окупність інвестицій у даний проект складе близько 7 років.

Крім економічної ефективності, встановлення системи сонячних колекторів також має ряд інших переваг. Зокрема, це:

- зменшення викидів шкідливих речовин в атмосферу;
- підвищення екологічної безпеки підприємства;
- підвищення привабливості підприємства для інвесторів та клієнтів.

Таким чином, встановлення системи сонячних колекторів є перспективним напрямком розвитку ТОВ ЖВРЗ «ЕКСПРЕС». Це дозволить підприємству підвищити свою енергонезалежності, зменшити викиди шкідливих речовин в атмосферу та підвищити свою конкурентоспроможність.

Дякую за увагу!