

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
Кафедра електропостачання**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Спеціалізація: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

**на тему: «Вибір заходів зі скорочення споживання електроенергії насосним  
обладнанням в умовах районної котельні»**

Виконав:

студент IV курсу, групи ОН-71

*Богойко Ігор Ігорович* \_\_\_\_\_

Керівник:

*к.т.н., доц. Чернявський Анатолій Володимирович* \_\_\_\_\_

**Консультанти:**

Теплова частина

(назва розділу )

к.т.н., доц. Виноградов-Салтиков В.О.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Охорона праці та пожежна безпека д.т.н., проф.Третьякова Л.Д

(назва розділу )

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Нормоконтроль

(назва розділу )

ас. Прокопенко І.Д.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент

\_\_\_\_\_ (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному  
проєкті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2021 року

**Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
Інститут енергозбереження та енергоменеджменту  
Кафедра електропостачання**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Спеціалізація: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.А. Попов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**ЗАВДАННЯ  
на дипломний проєкт студенту  
Богойко Ігорю Ігоровичу**

**1. Тема проєкту** «Вибір заходів зі скорочення споживання електроенергії насосним обладнанням в умовах районної котельні»,

керівник проєкту *к.т.н., доц. Чернявський Анатолій Володимирович*,  
затверджені наказом по університету від «27» травня 2021 р. №1353-с

**2. Термін здачі студентом закінченого проєкту** “11” червня 2021 р.

**3. Вихідні дані до проєкту:** схема електро- та теплопостачання, характеристика об'єкту, динаміка виробничої діяльності, споживання енергетичних ресурсів, перелік обладнання.

**4. Перелік розділів, які мають бути розроблені**

а) електрична частина: - аналіз ефективності використання електричної енергії на об'єкті;

б) теплова частина: - аналіз ефективності використання палива та теплової енергії на об'єкті;

в) охорона праці та пожежна безпека:- охорона праці та пожежна безпека під час експлуатації насосів.

## 5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Схема електропостачання
2. Плакат з деталізацією інформації по заходам з енергоефективності по електричній частині
3. Теплопостачання, загальні відомості
4. Схема теплопостачання та заходи з енергоефективності по тепловій частині

## 6. Консультанти розділів проєкту

Розділ (частина)	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Теплова частина</i>	<i>к.т.н., доц. Виноградов-Салтиков В.О.</i>		
<i>Охорона праці та пожежна безпека</i>	<i>д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>ас. Прокопенко І.Д.</i>		

7. Дата видачі завдання “17” травня 2021 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК виконання дипломного проєкту студентом Богойко Ігорем Ігоровичем

(прізвище, ініціали)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту	Позначки керівника про виконання завдань
1	Загальний опис об'єкту	18.05.-03.06.21	
2	Розрахунок електричної частини	20.05.-05.06.21	
3	Розрахунок теплової частини	24.05.-08.06.21	
4	Система енергетичного менеджменту	03.06.-10.06.21	
5	Розрахунок альтернативного джерела енергії	27.05.-02.06.21	
6	Розрахунок частини охорони праці та пожежної безпеки	31.05.-04.06.21	
7	Підготовка графічного матеріалу	10.06.-13.06.21	
8	Захист дипломного проєкту	16.06.21	

Студент  
Керівник проєкту

І.І. Богойко  
А.В. Чернявський

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проєкту складається з шести розділів, пояснювальна записка містить 97 сторінок основного тексту. В основному тексті роботи наведено 30 ілюстрацій, 39 таблиць та 28 бібліографічних найменувань за переліком посилань. Також наявні два додатки та чотири аркуші графічного матеріалу формату А1.

Мета данного проєкту полягала у підвищенні енергетичної ефективності котельні та визначення заходів з енергоефективності, зниженню витрат на електроенергії та ПЕР. Розрахунок та складання балансу споживання електричної енергії. Визначення суттєвих споживачів. Економічний ефект від наведених варіантів модернізації є достатнім, та вказує на невеликі терміни окупності. Розрахунок втрат через огорожувальні конструкції та розрахунок заходів для зменшення втрат теплоти. Оцінка СЕнМ на об'єкті та відповідність до стандарту ISO 50001:2020. Впровадження СЕнМ та порядок впровадження технічних заходів. Оцінка можливості впровадження альтернативних джерел енергії для котельні. Визначення небезпек для працівників під час експлуатації насосів та огляд технічних та організаційних заходів з пожежної безпеки.

Ключові слова: ВИТРАТИ, ВТРАТИ, ЕКОНОМІЯ, ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ, ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, СПОЖИВАННЯ, СПОЖИВАЧ, ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ, ТЕПЛОВТРАТИ.

## **ABSTRACT**

The explanatory note to the diploma project consists of six sections, the explanatory note contains 97 pages of the main text. The main text of the work contains 30 illustrations, 39 tables and 28 references in the list of used sources. There are also two appendix and four sheets of A1 graphic material.

The purpose of this project was to increase the energy efficiency of the boiler house and identify energy efficiency measures, reduce electricity costs and energy resources. Calculation and compilation of the balance of electricity consumption. Identification of significant consumers. The economic effect of these modernization options is sufficient, and indicates a short payback period. Calculation of losses through enclosing structures and calculation of measures to reduce heat loss. On-site EMS assessment and compliance with ISO 50001: 2020. Implementation of EMS and procedure for implementation of technical measures. Assessment of the possibility of introducing alternative energy sources for the boiler house. Identification of hazards for workers during operation of pumps and review of technical and organizational and fire safety measures.

Keywords: COSTS, LOSSES, ECONOMY, ELECTRICITY, ELECTRICAL EQUIPMENT, ELECTRICITY SUPPLE, ENERGY EFFICIENCY, ENERGY SAVING, CONSUMPTION, CONSUMERS, HEAT, HEAT LOSS

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

ГВП – гаряче водопостачання;  
ДБН – державні будівельні норми;  
ДСТУ – державний стандарт України;  
ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;  
Зх – Захід;  
КЗ – коротке замикання  
КСС – крива сили світлу  
МСЗ – максимальний струмовий захист  
Пд – Південь;  
ПЕР- паливно-енергетичні ресурси;  
Пн – Північ;  
РП - розподільний пункт  
СЕНМ – система енергетичного менеджменту  
СЕП – система електропостачання  
Сх – Схід;  
ТП – трансформаторна підстанція  
ЦТП – центральний тепловий пункт  
IRR – внутрішня норма рентабельності;  
NPV – чистий дисконтований дохід;  
 $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі;  
 $\delta$  – товщина;  
 $\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності;  
 $R$  – опір теплопередачі;  
 $k$  – коефіцієнт теплопередачі;  
 $F$  – площа;  
 $Q$  – теплота.  
ст – стіна;  
в – вікно;  
д –двері

## ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	9
1.1 Короткий опис об'єкту .....	9
1.2 Аналіз динаміки виробничої діяльності за останні три роки .....	9
1.3 Аналіз динаміки споживання ПЕР зі останні три роки .....	9
1.4 Оцінка тарифної політики щодо покупки ПЕР .....	10
1.5. Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності.....	11
Висновок до розділу 1 .....	11
2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....	12
2.1 Схема електропостачання об'єкта та її аналіз .....	12
2.1.1 Опис РП об'єкта.....	12
2.1.2 Розподіл електроенергії по території об'єкту .....	12
2.2 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності суттєвих споживачів електричної енергії.....	13
2.2.1 Споживання електричної енергії за добу .....	14
2.3. Повірочний розрахунок навантажень об'єкту .....	15
2.3.1 Розрахунок навантажень котельні .....	17
2.3.2. Загальна розрахункова потужність об'єкта .....	20
2.4. Повірочний розрахунок системи внутрішнього освітлення.....	20
2.4.1 Розрахунок освітлення в котельній залі .....	21
2.5. Оцінка завантаженості ТП ( ввідних кабельних ліній) .....	25
2.6. Оцінка рівня компенсації реактивної потужності об'єкта .....	26
2.7. Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії об'єкту у аналітичній формі .....	27
2.8. Оцінка стану та ефективності системи обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті.....	29
2.9. Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії.....	30
2.9.1 Заміна ламп розжарювання в котельній залі на лампи ДРЛ .....	30
2.9.2 Заміна ламп ДРЛ зовнішнього освітлення на лампи ДНаТ.....	34

2.9.3. Автоматичне ввімкнення системи зовнішнього освітлення за допомогою сутінкового реле .....	36
2.9.4 Встановлення датчиків руху в коридорах, роздягальнях, душових ..	37
2.9.5 Заміна двигунів мережевих насосів на менш потужні.....	37
Висновок до розділу 2 .....	39
<b>3. АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ .....</b>	<b>40</b>
3.1 Системи паливо- та теплопостачання об'єкта та їх аналіз .....	40
3.2 Коротка характеристика та оцінка споживачів палива та теплової енергії .....	44
3.3 Обстеження огорожувальних конструкцій .....	45
3.4 Тепловінадходження.....	52
3.5 Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів теплової енергії.....	55
3.5.1 Утеплення зовнішніх стін теплоізоляційним матеріалом .....	55
3.5.2 Заміна дерев'яних вікон на алюмінієві .....	57
3.5.3 Заміна дерев'яних дверей на алюмінієві .....	58
3.5.4 Утеплення стелі.....	60
Висновок до розділу 3 .....	62
<b>4. СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТА .....</b>	<b>63</b>
4.1 Оцінка відповідності стану існуючої на об'єкті системи енергетичного менеджменту вимогам ДСТУ ISO 50001:2020 .....	63
4.2 Визначення базового рівня споживання електроенергії.....	63
4.3 Представлення «Енергетичної політики» підприємства .....	65
4.4 Планування впровадження заходів з енергоефективності, запропонованих в розділах 2 та 3 .....	67
Висновки до розділу 4 .....	69
<b>5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....</b>	<b>71</b>
5.1 Загальна характеристика .....	71
5.3 Тероретичний опис геліоколектора .....	73
5.4 Розрахунок навантаження на гаряче водопостачання.....	74
5.5 Технічні характеристики та опис обраного геліоколектора.....	76
5.6 Розрахунок економічних показників реалізації заходу .....	77



Висновок до розділу 5 .....	78
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАСОСІВ .....	79
6.1 Загальна характеристика об'єкта.....	79
6.2 Визначення обсягів і послідовність робіт у ході модернізації об'єкту..	81
6.3 Визначення показників умов праці .....	82
6.4 Визначення небезпек для працівника .....	83
6.5 Вибір технічних засобів і заходів безпеки робіт .....	83
6.6 Заходи з пожежної безпеки .....	86
6.7 Розрахунок технічного заходу .....	88
6.7.1 Розрахунок на вимикаючу здатність.....	88
6.7.2 Розрахунок напруги на корпусі електроустановки .....	89
Висновок до розділу 6 .....	90
ВИСНОВКИ.....	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	92
ДОДАТОК А.....	94

## ВСТУП

Видобуток власних ПЕР якими Україна задовольняє свої потреби відносить її до енергодефіцитних країн. Ефективність використання ПЕР в економіці України та соціальній сфері низька. Для енергозбереження власна висока економічна ефективність. Тому в умовах України підвищення енергоефективності та енергозбереження стає стратегією розвитку на подальшу перспективу. Основними напрямками розвитку енергоефективності полягає в перебудові економіки та створенні механізмів що будуть контролювати енергозбереження. Важливою частиною технічних заходів з підвищення рівня експлуатації існуючого енергетичного господарства та його модернізації за рахунок заходів, спрямованих на зменшення втрат і підвищення енергоефективності.

Промисловості необхідно все більше енергії, отримати яку становиться все складніше. Тому все більше звертається увага на використання альтернативних джерел енергії. Впровадження альтернативних джерел енергії необхідне для енергоефективності та для вирішення екологічних проблем. Одним з найбільш перспективним є використання сонячної енергії, пряме перетворення сонячного випромінювання в електрику.

Дипломний проект складається з таких розділів:

Загальний опис підприємства та споживання електроенергії

Аналіз використання електроенергії, складання балансу встановлення суттєвих споживачів та розрахунок заходів з енергоефективності

Визначення рівня енергетичної ефективності будівлі та заходів з її підвищення, де розглядається теплові втрати через огорожувальні конструкції, заходи з підвищення енергоефективності

Впровадження СЕнМ та розгляд енергетичної політики

Можливість застосування альтернативних джерел на підприємстві та розгляд економічної доцільності

Охорона праці та пожежна безпека під час експлуатації насосного обладнання в умовах районної котельні

					НТУУ 001.7103.065 ПЗ	8
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

# 1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1 Короткий опис об'єкту

В даний час в місті існує розвинута система централізованого теплопостачання, Загальна теплова потужність міста складає біля 400,00 Гкал/год. Для теплопостачання міста, як і для інших подібних міст є характерним те, що одночасно співіснують всі можливі типи систем теплопостачання згідно визначень - від централізованого теплопостачання до індивідуального опалення, а саме:

Об'єктом нашого енергетичного аудиту є районна котельня

## 1.2 Аналіз динаміки виробничої діяльності за останній рік

Предметом діяльності котельні є: вироблення, транспортування і постачання тепловій енергії споживачам; ремонт і обслуговування теплотехнічного, електричного, газового устаткування, вимірювальної техніки, монтаж приладів обліку теплової енергії; видача технічних умов і інші види діяльності. Споживачами теплової енергії відпущеної є: населення; бюджетні організації; госпрозрахункові організації. Забезпечує теплопостачання учбових закладів, лікарняних установ, установ соціально-культурної сфери, дошкільних установ, організацій. За 2020 рік котельня виробила 5643,93 Гкал.

## 1.3 Аналіз динаміки споживання ПЕР зі останні три роки

Данні щодо споживання електричної енергії отримані під час дослідження за 2018-2020 роки наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Дані щодо споживання електричної енергії по роках

Місяць	Споживання електроенергії за місяць, кВт · год		
	в 2018 році	в 2019 році	в 2020 році
	2	3	4
Січень	29087,0	34542,0	30623,0

					НТУУ 001.7103.065 ПЗ				
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Богойко І.І.			Загальний опис об'єкту	Літ		Аркуш	Аркушів
Перевір.		Чернявський А.В.						9	97
Реценз.						ІЕЕ, гр. ОН-71			
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.							
Затвер.									

Продовження таблиці 1.1

Лютий	26583,0	31916,0	30219,0
Березень	31956,0	33290,0	34663,0
Квітень	6828,0	10423,0	15190,0
Травень	2479,0	2182,0	2464,0
Червень	1454,0	1495,0	2020,0
Липень	1414,0	687,0	1818,0
Серпень	1535,0	2020,0	2384,0
Вересень	1939,0	2666,0	2990,0
Жовтень	10625,0	5373,0	-
Листопад	32158,0	31027,0	-
Грудень	34138,0	32441,0	-
<b>Разом за рік</b>	<b>180196,0</b>	<b>188062,0</b>	<b>122371,0</b>

Споживання електроенергії за останні три роки представлено на рисунку 1.1.

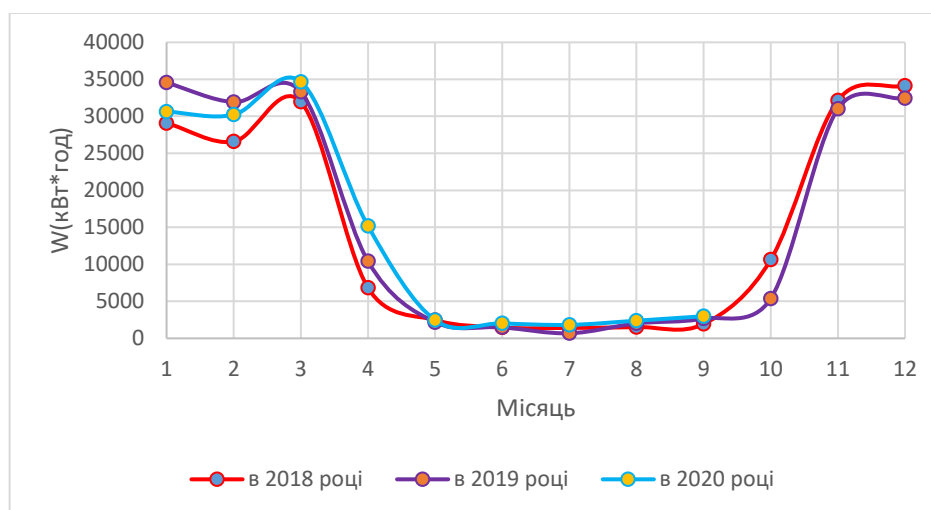


Рисунок 1.1 – Річні графіки споживання електроенергії по роках

Проаналізувавши графіки можна зробити висновок, що споживання електроенергії об'єктом протягом кожного року є рівномірним, найбільше споживання припадає на опалювальний період (жовтень–березень). Це пояснюється використанням електроенергії насосами, вентиляторами та на освітлення

#### 1.4 Оцінка тарифної політики щодо покупки ПЕР

Електропостачання об'єкту відбувається на основі договору підписаного з ПрАТ "Запоріжжяобленерго". За умовами договору розрахунки

здійснюється по одноставочному тарифу. На початку кожного місяця компанією електропостачальником на адресу заводу висилається бланк, в двох екземплярах, з тарифами на місяць. В кінці місяця дані по спожитій електричній енергії заносяться до цього бланку. Після затвердження, бланк доставляються до офісу ПрАТ "Запоріжжяобленерго" співробітником відділу головного енергетика. Один з екземплярів залишається в енергопостачальника, інший – у відділі головного енергетика. Згідно договору не передбачено можливості продажу підприємством електричної енергії на сторону.

В Україні з 1 січня 2021 року встановлена наступна ціна за електроенергію для непухотового споживача в розмірі 2,61 грн/Квт год[1].

Тариф на опалення для жителів Бердянська:

З приладами обліку - 1719,55 за 1 Гкал [2], без приладів - 48,25 за 1 м2.

Тариф за споживання природного газу від ТОВ "Запоріжгаз збут" складає 7,99 за 1м<sup>3</sup> та за постачання від ПАТ "Запоріжгаз" 1,1 за 1м<sup>3</sup>[3].

### **1.5 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності**

Під час проведення енергетичного обстеження об'єкта вже проводились такі заходи як виведення з роботи морально застарілого та зношеного устаткування і впровадження новітніх технологій та енергоефективного обладнання.

#### **Висновок до розділу 1**

Теплопостачання міста включає в себе всі можливі типи систем теплопостачання - від централізованого теплопостачання до індивідуального опалення. Котельня постачає тепло населенню, учбовим закладам та різним установам. Незначне споживання електроенергії у літній період пояснюється тим що котельня постачає теплову енергії лише на опалення. Котельня має певний досвід реалізації енергоефективних заходів, але без системи енергетичного менеджменту показники енергетичної результативності будуть низькими.

## 2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

### 2.1 Схема електропостачання об'єкта та її аналіз

Електропостачання котельної здійснюється на напрузі 0,4 кВ кабельними лініями ААШВ-1-3×95+1×50 від двох підстанцій, що розташовані на відстані 800 м від котельної. Підстанція «Першотравнева» (110/6/0,4) є основною, а підстанція «Факел» (150/35/10/0,4) – резервною.

Існуючі кабельні лінії мережі живлення з кабелем ААШВ застарілі, тому пропонується замінити їх на нові, наприклад, марки АВВГ.

Електрогенеруюче обладнання на підприємстві відсутнє. Електрична енергія використовується в основному на виробничі потреби (насосні установки), освітлення, функціонування адміністративного корпусу тощо.

#### 2.1.1 Опис РП об'єкта

Точкою розмежування балансової належності є розподільний пункт РП 0,4 кВ котельні, який має дві секції шин, з'єднані трифазним секційним вимикачем ВА 57-39. Для захисту ліній живлення РП та розподільної мережі в РП встановлені трифазні вимикачі ВА 57-35.

#### 2.1.2 Розподіл електроенергії по території об'єкту

Розподіл електроенергії по території котельні здійснюється на напрузі 0,4 кВ від РП котельні за радіальною схемою. Від РП через трифазні кабельні лінії отримують живлення розподільні пункти (щитові) котельної зали, насосної, слюсарної майстерні, внутрішнього та зовнішнього освітлення, адміністративного корпусу.

Розподільні мережі котельної зали, насосної, слюсарної майстерні для електропостачання електросилових установок виконані радіальними напругою 0,4 кВ,

					НТУУ 001.7103.065 ПЗ						
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Богойко І.І.			Аналіз ефективності використання електричної енергії			Літ	Аркуш	Аркушів	
Перевір.		Чернявський А.В.								12	97
Реценз.								ІЕЕ, гр. ОН-71			
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.									
Затвер.											

а для електропостачання освітлювальних установок, а також установок контрольно-вимірювальних приладів й автоматики, засобів автоматизації – напругою 0,22 кВ.

## 2.2 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності суттєвих споживачів електричної енергії

Основними споживачами електричної енергії на об'єкті є електричні двигуни насосів, вентиляторів та іншого обладнання. Вони живляться від трифазної мережі напругою 0,4 кВ. Також передбачено загальне робоче освітлення напругою 220 В.

На котельні присутні споживачі II та III категорії надійності. До споживачів II категорії відноситься котельня, до III категорії – адміністративно-побутові приміщення.

В таблиці 2.1 наведені типи та характеристики електрообладнання, яке використовуються в котельні.

Таблиця 2.1 – Дані щодо електроприймачів котельні

Найменування електрообладнання	Кількість, шт	Номінальна потужність, кВт
<b>1. Котельня зала</b>		
Вентилятор дуттьовий	2	2,0
Насос рециркуляційний К 80-550-200	1	11
Освітлення лампами розжарювання Б215-225-150	21	0,15
<b>2. Насосна</b>		
Насос мережевий К 100-65-200	2	22
Насос підживлення К 50-32-125	1	1,7
Насос підживлення К 20/30	1	4,0
Освітлення лампами розжарювання Б215-225-100	6	0,10
<b>3. Хімводоочистка та водопідготовка</b>		
Насос ХВО КМ 32-20-125	1	1,1
Насос сольовий КМ 32-20-125	1	1,1
Освітлення лампами розжарювання Б215-225-100	6	0,10
<b>4. Слюсарна майстерня</b>		
Заточувальний верстат ON-220	1	2,5
Свердлильний верстат	1	3,3
Освітлення лампами розжарювання Б215-225-100	2	0,10
<b>5. Адміністративні та побутові приміщення</b>		
Освітлення лампами розжарювання Б215-225-100	20	0,10
<b>6. Зовнішнє освітлення лампами ДРЛ-250</b>	6	0,25

### 2.2.1 Споживання електричної енергії за добу

Споживання електричної енергії кожною установкою за добу визначається за виразом:

$$W_{\text{доб}} = P_n \cdot \kappa_{\text{в}} \cdot t, \quad (2.1)$$

де  $P_n$  - номінальна потужність, кВт;

$\kappa_{\text{в}}$  - коефіцієнт використання. Визначені розрахунково-експериментальним шляхом для конкретної котельні;

$t$  - кількість годин роботи за добу.

Результати розрахунків зводимо до таблиці 2.2 та таблиці 2.3

Таблиця 2.2 – Результати розрахунків споживання електричної енергії за зимову добу в котельні

№ п.п.	Найменування обладнання	Кількість	$P_n$ , кВт	$\kappa_{\text{в}}$	$t$ , год	$W_{\text{зим.доб.}}$ , кВт·год
1	2	3	4	5	6	7
<b>1.0</b>	<b>Котельня зала</b>					
1.1	Вентилятор дуттьовий	2	2,0	0,65	24	62,400
1.2	Насос рециркуляційний К 80-50-200	1	11	0,65	24	171,600
1.3	Освітлення лампами розжарювання Б215-225-150	21	0,15	0,64	24	48,384
<b>2.0</b>	<b>Насосна</b>					
2.1	Насос мережевий К 100-65-200	2	22	0,65	24	686,400
2.2	Насос підживлення К 50-32-125	1	1,7	0,65	24	26,520
2.3	Насос підживлення К 20/30	1	4,0	0,65	24	62,400
2.4	Освітлення лампами розжарювання Б215-225-100	6	0,10	0,89	24	12,816
<b>3.0</b>	<b>Хімводоочистка та водопідготовка</b>					
3.1	Насос ХВО КМ 32-20-125	1	1,1	0,20	24	5,280
3.2	Насос сольовий КМ 32-20-125	1	1,1	0,33	24	8,712
3.3	Освітлення лампами розжарювання Б215-225-100	6	0,10	0,89	24	12,816
<b>4.0</b>	<b>Слюсарня майстерня</b>					
4.1	Заточувальний верстат <u>ОН-220</u>	1	2,5	0,01	2,0	0,050
4.2	Свердлильний верстат	1	3,3	0,01	2,0	0,066
4.3	Освітлення лампами розжарювання Б215-225-100	2	0,10	0,42	10,0	0,840
<b>5.0</b>	<b>Адміністративні та побутові приміщення</b>					
5.1	Освітлення лампами розжарювання Б215-225-100	20	0,10	0,21	10,0	4,200
<b>6.0</b>	<b>6. Зовнішнє освітлення лампами ДРЛ-250</b>	6	0,25	0,53	10,0	7,950



Таблиця 2.3 – Результати розрахунків споживання електричної енергії за літню добу в котельні

№ п.п.	Найменування обладнання	Кількість	Р <sub>н</sub> , кВт	К <sub>в</sub>	t, год	W <sub>літ.доб.</sub> , кВт·год
1	2	3	4	5	6	7
<b>1.0</b>	<b>Котельна зала</b>					
1.3	Освітлення лампами розжарювання Б215-225-150	21	0,15	0,14	24	10,500
<b>2.0</b>	<b>Насосна</b>			<b>0,00</b>		
2.4	Освітлення лампами розжарювання Б215-225-100	6	0,10	0,14	24	2,000
<b>3.0</b>	<b>Хімводоочистка та водопідготовка</b>			<b>0,00</b>		
3.3	Освітлення лампами розжарювання Б215-225-100	6	0,10	0,33	24	4,800
<b>4.0</b>	<b>Слюсарна майстерня</b>			<b>0,00</b>		
4.1	Заточувальний верстат ON-220	1	2,5	0,01	2	0,058
4.2	Свердлильний верстат	1	3,3	0,01	2	0,077
4.3	Освітлення лампами розжарювання Б215-225-100	2	0,10	0,38	10	0,750
<b>5.0</b>	<b>Адміністративні та побутові приміщення</b>			<b>0,00</b>		
5.1	Освітлення лампами розжарювання Б215-225-100	20	0,10	0,08	10	1,667
<b>6.0</b>	<b>6. Зовнішнє освітлення лампами ДРЛ-250</b>	<b>6</b>	<b>0,25</b>	<b>0,44</b>	<b>10</b>	<b>6,625</b>

### 2.3 Повірочний розрахунок навантажень об'єкту

Добовий графік електричного активного та реактивного навантаження за зимовий та літній місяці вказані в таблиці 2.4 та рисунках 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.4 — Дані щодо добового електричного активного та реактивного навантаження за зимовий та літній місяці

Години	Погодинна активна потужність, кВт		Погодинна реактивна потужність, квар	
	Зима	Літо	Зима	Літо
1	2	3	4	5
1	46,03	3,04	28,191	1,59
2	46,03	3,04	28,191	1,59
3	48,13	3,04	28,191	1,59
4	48,93	3,04	28,191	1,59
5	49,13	3,24	28,191	1,59

Продовження таблиці 2.4

6	49,13	3,24	28,191	1,59
7	46,44	1,4	26,601	0
8	46,44	1,4	26,601	0
9	46,24	0,2	26,601	0
10	46,59	0,55	27,207	0,606
11	46,59	0,55	27,207	0,606
12	45,702	0,662	27,401	0,8
13	45,24	0,2	26,601	0
14	45,24	0,2	26,601	0
15	45,702	0,662	27,401	0,8
16	45,24	0,2	26,601	0
17	47,34	0,2	26,601	0
18	48,54	0,2	26,601	0
19	50,13	0,4	28,191	0
20	50,13	0,4	28,191	0
21	50,13	4,24	28,191	1,59
22	50,13	4,24	28,191	1,59
23	49,13	3,24	28,191	1,59
24	46,03	3,04	28,191	1,59

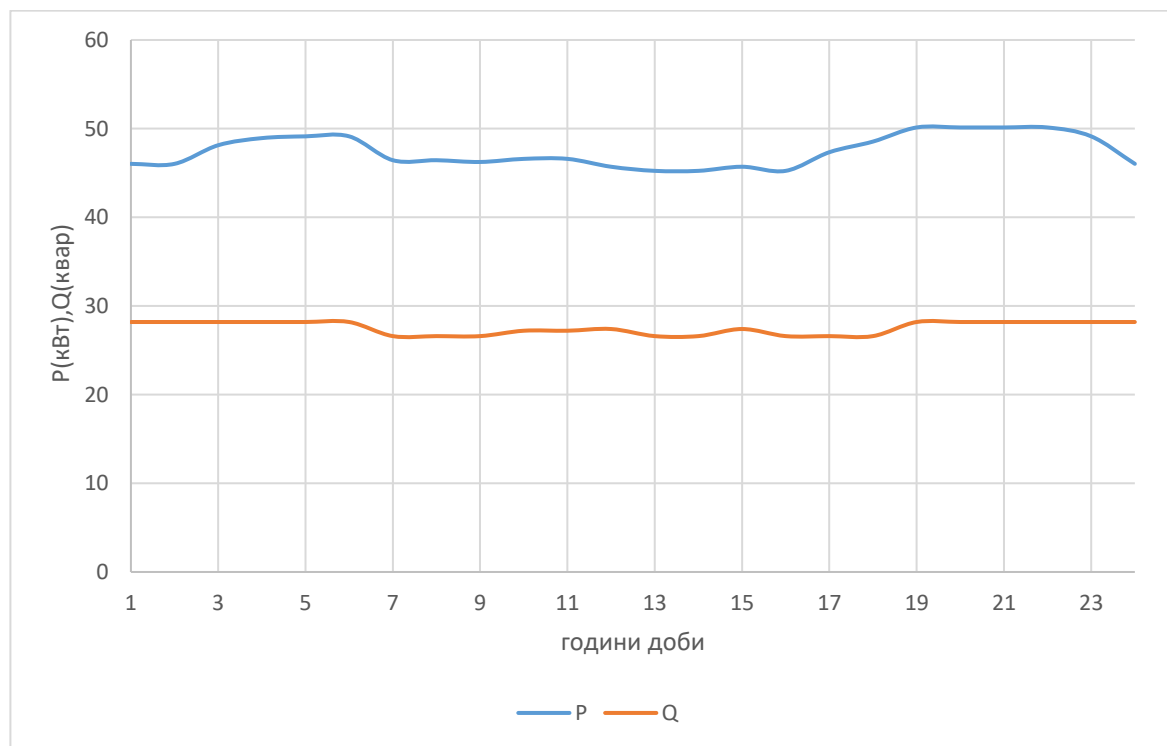


Рисунок 2.1 – Добовий графік електричного активного та реактивного навантаження на зимовий період

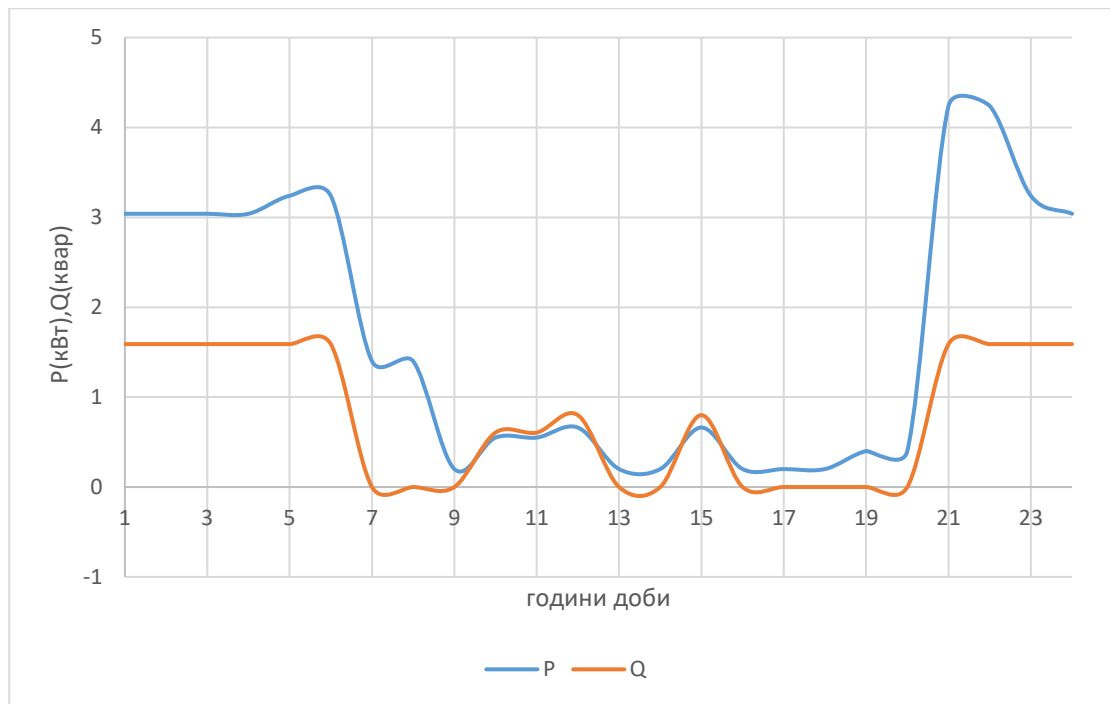


Рисунок 2.2 - Добовий графік електричного активного та реактивного навантаження на літній період

### 2.3.1 Розрахунок навантажень котельні

Розрахунок навантажень відбувається методом розрахункових коефіцієнтів. Вихідними даними є номінальна потужність окремих споживачів, їх коефіцієнт потужності і кількість споживачів.

Для характерних груп електроспоживачів визначається коефіцієнт використання. Величина проміжного активного навантаження за найбільш навантажену зміну  $P_{пр.}$  визначається за виразом:

$$P_{пр.} = \sum_{i=1}^n (k_{e,i} \cdot P_{ном,i}), \quad (2.2)$$

де  $k_{e,i}$  – коефіцієнт використання активної потужності  $i$ -ої групи ЕП;

$P_{ном,i}$  – номінальна потужність  $i$ -ої групи ЕП, кВт;

$n$  – кількість груп ЕП.

Визначимо величини максимальних активного та реактивного навантаження для мережевих насосів котельні при загальній кількості споживачів  $n = 2$  шт., загальною встановленою потужністю  $\Sigma P_{ном.} = 44$  кВт:

$$P_{\text{пр.}} = 2 \cdot 0,65 \cdot 22 = 28,6 \text{ кВт.}$$

Приведене реактивне навантаження за найбільш навантажену зміну  $Q_{\text{пр.}}$  дорівнює:

$$Q_{\text{пр.}} = \sum_{i=1}^n Q_{\text{пр.}i} = \sum_{i=1}^n (P_{\text{ном.}i} \cdot \kappa_{\text{в.}i} \cdot \text{tg} \varphi_i), \quad (2.3)$$

де  $\varphi_i$  – кут зсуву фаз струму та напруги  $i$ -го ЕП.

$$Q_{\text{пр.}} = 2 \cdot 0,65 \cdot 22 \cdot 0,593 = 16,96 \text{ квар.}$$

Груповий коефіцієнт використання  $K_{\text{в}}$  підраховується за формулою:

$$K_{\text{в}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{пр.}i}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i} \cdot \kappa_{\text{в.}i}}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i}}; \quad (2.4)$$

$$K_{\text{в}} = \frac{43,802}{72,7} = 0,6025$$

Ефективне число електроприймачів визначається за виразом:

$$n_{\text{эф}} = \frac{\left( \sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i} \right)^2}{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i}^2}. \quad (2.5)$$

Допускається приймати  $n_{\text{е}}$  рівним  $n$  при числі електроприймачів у групі чотири і більше при виконанні співвідношення:

$$m = \frac{P_{\text{ном.}i \text{ max}}}{P_{\text{ном.}i \text{ min}}} \geq 3, \quad (2.6)$$

де  $P_{\text{ном.}i \text{ max}}$  і  $P_{\text{ном.}i \text{ min}}$  – номінальні потужності найбільшого та найменшого електроприймача у групі, кВт.

$$m = \frac{22}{1,1} = 20,0 > 3.$$

При  $m > 3$  та  $K_{\text{в}} > 0,2$  величину  $n_{\text{е}}$  визначається за виразом

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_{i=1}^n P_{\text{ном.і}}}{P_{\text{ном.іmax}}} \quad (2.7)$$

$$n_e = \frac{2 \cdot 72,7}{22} = 6,609 \approx 6$$

Результати розрахунків котельні розміщені в табл. 2.5

Таблиця 2.5 – Дані розрахунків електричних навантажень силових електроприймачів котельні

№ п/п	Електроприймач	Кіль- кість, шт	Номінальна потужність, кВт		K <sub>в</sub>	cosφ	tgφ	Приведена потужність	
			одиниці	загальна				P <sub>пр</sub> , кВт	Q <sub>пр</sub> , квар
<b>1.</b>	<b>Котельна зала</b>								
	Вентилятор дуттьовий	2	2	4	0,65	0,86	0,593	2,6	1,542
	Насос рециркуляційний К 80-550-200	1	11	11	0,65	0,9	0,484	7,15	3,461
	<b>Разом:</b>							<b>9,75</b>	<b>5,002</b>
<b>2.</b>	<b>Насосна</b>								
	Насос мережевий К 100-65-200	2	22	44	0,65	0,86	0,593	28,6	16,960
	Насос підживлення К 50-32-125	1	1,7	1,7	0,65	0,7	1,02	1,105	1,127
	Насос підживлення К 20/30	1	4	4	0,65	0,7	1,02	2,6	2,652
	<b>Разом:</b>							<b>32,305</b>	<b>20,739</b>
<b>3.</b>	<b>Хімводоочистка та водопідготовка</b>								
	Насос ХВО КМ 32-20-125	1	1,1	1,1	0,2	0,86	0,593	0,22	0,130
	Насос сольовий КМ 32-20-125	1	1,1	1,1	0,65	0,7	1,02	0,715	0,729
	<b>Разом:</b>							<b>0,935</b>	<b>0,860</b>
<b>4.</b>	<b>Слюсарна майстерня</b>								
	Заточувальний верстат ON-220	1	2,5	2,5	0,14	0,5	1,732	0,35	0,606
	Свердильний верстат	1	3,3	3,3	0,14	0,5	1,732	0,462	0,800
	<b>Разом:</b>							<b>0,812</b>	<b>1,406</b>
	<b>РАЗОМ по котельній:</b>			72,7	0,6025			<b>43,802</b>	<b>28,007</b>

Розрахункове навантаження  $P_p$  знаходиться за формулою:

$$P_p = K_{p.a} \cdot P_{\text{пр}}, \quad (2.8)$$

де  $K_p$  – коефіцієнт максимуму в залежності від  $n_e$  та  $K_v$ .

$$P_p = 1,06 \cdot 43,802 = 46,431 \text{ кВт}.$$

Розрахункове реактивне навантаження знаходиться за виразом

$$Q_p = K_{p.p} \cdot Q_{\text{пр}}, \quad (2.9)$$

де  $\kappa_{p.p.}$  – коефіцієнт максимуму реактивного навантаження:

– при  $n_e \leq 10$   $\kappa_{p.p.} = 1,1$ ;

– при  $n_e > 10$   $\kappa_{p.p.} = 1,0$ .

$$Q_p = 1,1 \cdot 28,007 = 30,808 \text{ квар.}$$

Розрахункова потужність  $S_p$  підраховується за формулою

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (2.10)$$

$$S_p = \sqrt{46,431^2 + 30,808^2} = 55,72 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

### 2.3.2 Загальна розрахункова потужність об'єкта

Визначаємо сумарну потужність всієї котельні:

$$S_{p.кот.} = \sqrt{(P_{сил} + P_{осв})^2 + (Q_{сил} + Q_{осв})^2} \quad (2.11)$$

Отже, сумарна потужність всієї котельні:

$$S_{p.кот.} = \sqrt{(46,431 + 7,819)^2 + (30,808 + 0,99)^2} = 62,88 \text{ кВА}.$$

### 2.4 Повірочний розрахунок системи внутрішнього освітлення

Що стосується приладів освітлення в котельній, то переважна їх частина – це лампи розжарювання. Недоліком встановленої системи освітлення є низький рівень освітленості приміщень, що не відповідає нормам. Необхідно підвищити рівень освітлення виробничих приміщень.

Для зовнішнього освітлення застосовані 6 світильників РКУ01х250 з лампами ДРЛ 250 Вт, що установлені на опорах висотою 5 м та на фасаді будівлі. На даний момент існує певний резерв економії електроенергії в освітлювальних установках, що не модернізувалися з 1990 року.

Дані щодо кількості ламп, встановлених у котельні, та їх типу наведені у табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Дані щодо кількості ламп, встановлених у котельні, та їх типу

Найменування приміщення	Кількість, шт	Потужність одиниці, кВт	Тип лампи
1. Котельна зала	21	0,15	Б215-225-150
2. Насосна	6	0,10	Б215-225-100
3. Хімводоочистка та водопідготовка	6	0,10	Б215-225-100
4. Слюсарна майстерня	2	0,10	Б215-225-100
5. Адміністративні та побутові приміщення	20	0,10	Б215-225-100
6. Зовнішнє освітлення	6	0,25	ДРЛ-250

Розрахункова активна потужність:

$$P_{p.o} = k_n \cdot \sum_{i=1}^N P_{л.i} \cdot K_{пра.i} , \quad (2.12)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт попиту системи освітлення;

$N$  – кількість ламп  $i$ -го типу;

$K_{пра}$  – коефіцієнт що враховує втрати потужності в пускорегулюючій апаратурі ламп  $i$ -го типу.

$$P_{p.o} = 0,95 \cdot (21 \cdot 150 \cdot 1,0 + 34 \cdot 100 \cdot 1,0 + 6 \cdot 250 \cdot 1,12) \cdot 10^{-3} = 7,819 \text{ кВт} .$$

Для газорозрядних ламп розрахункова реактивна потужність

$$Q_{p.o} = k_n \cdot \sum_{i=1}^N P_{л.i} \cdot K_{пра.i} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{0.i} , \quad (2.13)$$

де  $\operatorname{tg} \varphi_0$  – відповідно  $\cos \varphi_0$  для кожного типу ламп.

$$Q_{p.o} = 0,95 \cdot 6 \cdot 250 \cdot 1,12 \cdot 0,62 \cdot 10^{-3} = 0,99 \text{ квар} .$$

#### 2.4.1 Розрахунок освітлення в котельній залі

На даний момент освітлення в котельній залі здійснюється лампами розжарювання Б215-225-150 потужністю 150 Вт та світловим потоком 2100 лм в кількості 21 шт. Прийнята проектом трирядова схема з рівномірним розташуванням світильників в рядах. План розташування ламп наведений на рис.2.2

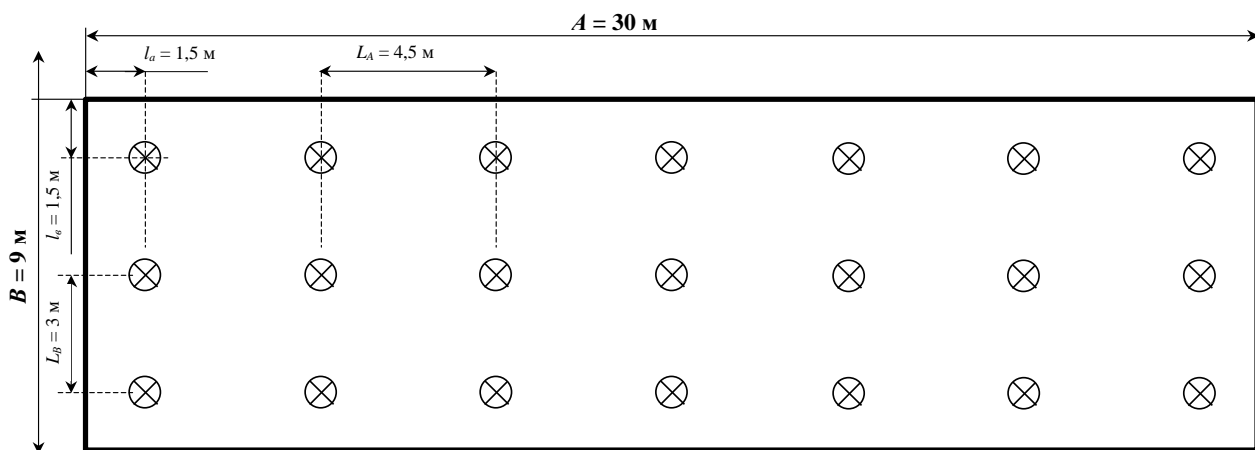


Рисунок 2.2 - Існуюча схема розташування світильників в котельній залі

На сьогоднішній день ці лампи є неекономічними, пропонується провести їх заміну лампи ДРЛ. Попередньо приймаємо як джерело світла лампи ДРЛ-80, основні характеристики яких наведені у табл. 2.7

Таблиця 2.7 — Основні характеристики лампи ДРЛ-80

Тип лампи	Номинальна напруга на лампі, В	Номинальна потужність, Вт	Світловий потік, лм	Середня тривалість горіння, год, не менше	Габаритні розміри, мм, не більше		Тип цоколю
					L	D	
ДРЛ-80	220	80	3800	6000	156	70	E27

Робочою поверхнею, на якій нормується освітленість, є робоча поверхня висотою  $h_p = 0,8$  м, загальне освітлення цеху рекомендується виконувати рівномірним, мінімальна освітленість складає  $E_{min} = 75$  лк. Світильник має тип кривої сили світла (КСС) – Г-1. Згідно рекомендацій для рівномірного розподілу освітленості для Г-1 приймаємо  $L_A/h = 0,91$ . Висота звисання світильників зі стелі складає  $h_c = 1,0$  м.

Визначаємо висоту підвісу світильників:

$$h = H - h_p - h_c. \quad (2.14)$$

$$h = 5,6 - 0,8 - 1 = 3,8 \text{ м.}$$

Приймаємо загальну кількість світильників  $N = 12$  шт. Розташуємо світильники за схемою, яка наведена на рис. 2.3



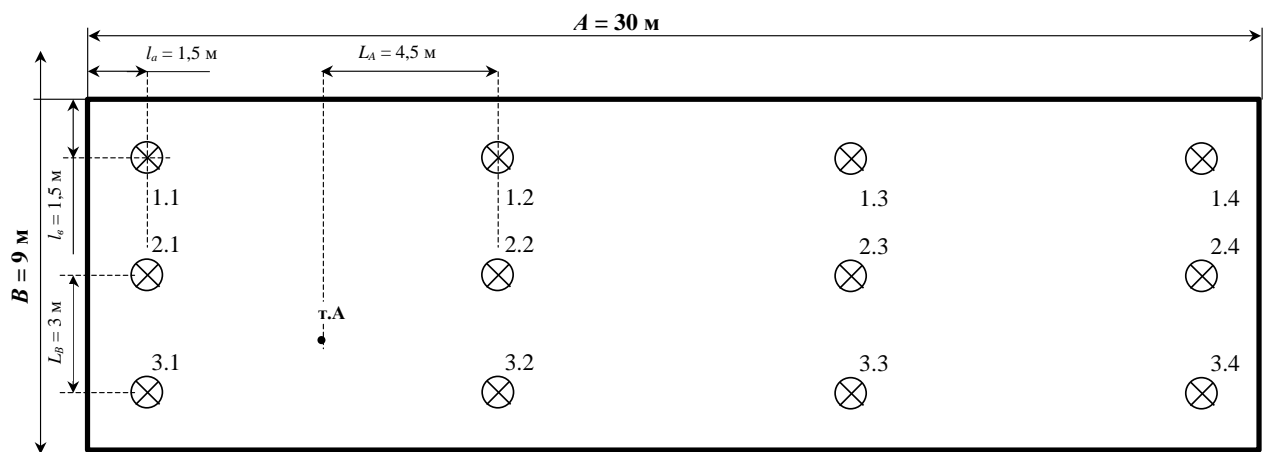


Рисунок 2.3 - Пропонована схема розташування світильників в котельній залі

Виконаємо перевірку запропонованої системи освітлення методом просторових ізолюкс. Для точкових джерел розрахункова фактична освітленість в будь-якій точці котельні на робочій поверхні визначається за виразом:

$$E_{\phi} = \frac{\Phi_{\text{л}} \cdot \mu \cdot \sum_{i=1}^n e_i}{1000 \cdot K_3} \quad (2.15)$$

де  $\Phi_{\text{л}}$  — світловий потік окремої лампи, лм;

$\sum_{i=1}^n e_i$  — сума умовних освітленостей, розрахованих при умовному

потоці лампи в кожному світильнику (1000 лм) для контрольної точки. Умовну освітленість визначають за кривими просторових ізолюкс (рис. 2.4) залежно від відстані від контрольної точки до проекції кожної з ламп  $d$  і висоти підвісу світильника  $h$ ;

$n$  — кількість врахованих світильників;

$\mu$  — коефіцієнт додаткової освітленості, що враховує дію віддалених світильників, не врахованих у складовій  $\sum_{i=1}^n e_i$ .

Значення  $\mu$  беруть в межах 1,0...1,5. Воно залежить від коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщень, характеру світлорозподілу тощо.

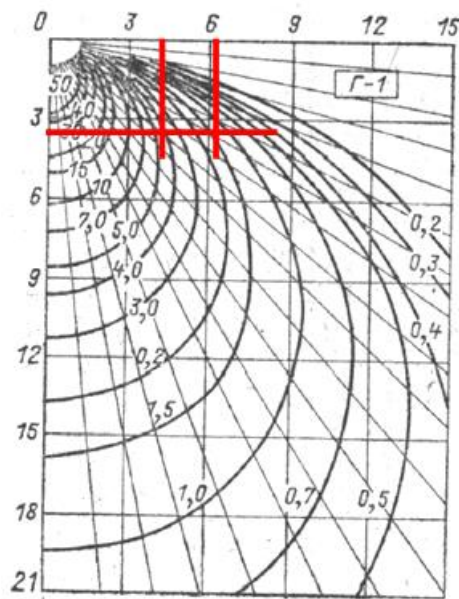


Рисунок 2.4 – Крива просторових ізолюкс

Як характерну точку, в якій необхідно досягти нормованої мінімальної освітленості вибираємо точку А, як показано на рис. 2.3. Для визначення фактичної освітленості в точці А визначимо відстань від світильників до точки. Для цього застосуємо теорему Піфагора:

$$d_{A-2.1} = d_{A-2.2} = d_{A-3.1} = d_{A-3.2} = \sqrt{\left(\frac{L_A}{2}\right)^2 + \left(\frac{L_B}{2}\right)^2} \quad (2.16)$$

$$d_{A-2.1} = d_{A-2.2} = d_{A-3.1} = d_{A-3.2} = \sqrt{\left(\frac{3}{2}\right)^2 + \left(\frac{9}{2}\right)^2} = 4,74 \text{ м.}$$

$$d_{A-1.1} = d_{A-1.2} = \sqrt{\left(L_B + \frac{L_B}{2}\right)^2 + \left(\frac{L_A}{2}\right)^2} \quad (2.17)$$

$$d_{A-1.1} = d_{A-1.2} = \sqrt{\left(3 + \frac{3}{2}\right)^2 + \left(\frac{9}{2}\right)^2} = 6,36 \text{ м.}$$

У зв'язку з тим, що для кривих просторових ізолюкс світильників з типом КСС Г-1 граничне значення  $d = 15$  м. Отже враховувати вплив умовної освітленості від світильників, віддалених на відстань більше 15 м немає сенсу. Для отриманих відстаней за кривих просторових ізолюкс визначаємо умовні освітленості. Результати зводимо в таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Результати визначення величини умовної освітленості в т. А

Точка	Відстань, м	Кількість світильників, $n$ , шт	Умовна освітленість, $e_i$ , лк	Сума умовних освітленостей, $\Sigma e_i$ , лк
А	4,74	4	4,5	18
	6,36	2	1,5	3
<b>Разом:</b>				<b>21,0</b>

Визначимо фактичну освітленість в точці А:

$$E_{\phi.A} = \frac{1,4 \cdot 21 \cdot 3800}{1000 \cdot 1,5} = 74,48 \text{ лк.}$$

Перевіримо відповідність вибраної лампи за умовою:

$$0,9 \cdot E_{\min} \leq E_{\phi.A} \leq 1,2 \cdot E_{\min}.$$

Тоді: 67,5 лк < 74,48 лк < 90,00 лк.

Умова виконується.

Для того, щоб у кожній точці котельної зали на робочій поверхні забезпечити нормовану мінімальну освітленість 75 лк необхідно застосувати джерела світла ДРЛ-80 із світловим потоком 3400 лм.

## 2.5 Оцінка завантаженості ТП ( ввідних кабельних ліній)

Переріз жил кабелів напругою до 1 кВ вибираємо за умовою нагрівання довготривалим розрахунковим струмом в нормальному та післяаварійному режимах.

Розрахунковий струм в нормальному режимі визначається як:

$$I_{\text{л}} = \frac{S_{\text{л}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{S_{\text{р.кот}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}}; \quad (2.18)$$

$$I_{\text{л}} = \frac{62,88/2}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 47,771 \text{ А.}$$

Приймаємо кабель марки АВВГ-1-3×25+1×16 з  $I_{\text{доп}} = 100 \text{ А}$ .

Умова перевірки кабелю на допустимий струм в нормальному режимі роботи визначається із співвідношення:

$$I_{\text{л}} \leq I_{\text{доп.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

де  $K_1$  – поправний коефіцієнт, що залежить від температури землі та

повітря;

$K_2$  – поправний коефіцієнт, що залежить від кількості числа кабелів прокладених паралельно;

$K_3$  – допустиме короткочасне перевантаження кабельної лінії;

$I_{\text{доп.}}$  – тривалий допустимий струм в нормальних умовах, А.

$$47,771 \text{ А} \leq 100 \cdot 1,05 \cdot 1,15 \cdot 0,9 = 99,2 \text{ А}.$$

Перевірка на допустимий струм в післяаварійному режимі відбувається за виразом

$$2 \cdot I_{\text{л}} \leq I_{\text{доп.}} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3,$$

$$2 \cdot 47,771 = 95,542 \text{ А} \leq 100 \cdot 1,05 \cdot 1,15 \cdot 0,9 = 99,2 \text{ А}.$$

Умова виконується. Для живлення котельні достатнім є кабель марки АВВГ-1-4х25. Тому, згідно наведених розрахунків заміняємо існуючий кабель ААШВ-1-3х95+1х50 на кабель АВВГ-1-3х25+1х16.

## 2.6 Оцінка рівня компенсації реактивної потужності об'єкта

Розрахуємо значення реактивної потужності, яку необхідно компенсувати. Визначимо значення реактивної потужності при якому реактивної потужності буде 0,95 за формулою:

$$Q_{\text{необх}} = P * \operatorname{tg} \varphi \quad (2.19)$$

Тангенс розраховується за формулою:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{\sqrt{1 - 0,95^2}}{0,95} = 0,32$$

Підставимо значення в формулу (2.19):

$$Q_{\text{необх}} = 46,431 * 0,32 = 14,857 \text{ кВАр}$$

Від реального значення реактивної потужності потрібно відняти необхідне і тоді отримаємо мінімальну для компенсування величину:

$$Q_{\text{комп}} = Q_{\text{р}} - Q_{\text{необх}} \quad (2.20)$$

Підставимо у формулу, отримаємо:

$$Q_{\text{комп}} = 30,808 - 14,857 = 15,951 \text{ кВАр}$$

## 2.7 Розрахунок основних складових для складання балансу споживання електричної енергії об'єкту у аналітичній формі

Згідно таблиці 2.2 та таблиці 2.3 Сумарне споживання електричної енергії всіма установками за рік складає:

$$W_{\text{річ.}} = \sum_{i=1}^n (W_{\text{зим.доб.і}} \cdot T_{\text{зим.роб.і}} + W_{\text{літ.доб.і}} \cdot T_{\text{літ.роб.і}}), \quad (2.21)$$

де  $W_{\text{зим.доб.і}}$ ,  $W_{\text{літ.доб.і}}$  - величина споживання електроенергії і-ю установкою за зимову та літню добу відповідно;

$T_{\text{зим.роб.і}}$ ,  $T_{\text{літ.роб.і}}$  - кількість діб роботи і-ої установки за зимову та літню добу відповідно.

$$\begin{aligned} W_{\text{річ.}} = & 182 \cdot (62,4 + 171,6 + 48,384 + 686,4 + 26,52 + 62,4 + 12,816 + \\ & + 5,28 + 8,712 + 12,816 + 0,05 + 0,066 + 0,84 + 4,2 + 7,95) + \\ & + 183 \cdot (10,5 + 2,0 + 4,8 + 0,058 + 0,077 + 0,75 + 1,667 + 6,625) = 206944,3 \text{ кВт} \cdot \text{год} \end{aligned}$$

Річне споживання електричної енергії котельнею без врахування втрат в електричних мережах котельні складає – 206944,3 кВт·год.

Згідно втрати активної електроенергії в лініях 0,4 кВ розподільної мережі котельні за розрахунковий період приймаються 2-5% від загального споживання електроенергії. Тоді:

$$\Delta W_{\text{л.річ.}} = 0,03 \cdot W_{\text{річ.}} = 0,03 \cdot 206944,3 = 6208,33 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Баланс споживання електроенергії в котельні наведено в таблиці 2.9 2.10, а також на рисунках 2.5 та 2.6.

Таблиця 2.9 — Баланс споживання електроенергії в котельні за напрямками споживання

№ п.п.	Найменування обладнання	$W_{\text{річ.}}$ кВт·год	Частка в загальному споживанні, %
1	2	3	4
1	Вентилятори	11356,80	5,33
2	Насоси	174885,98	82,05

Продовження таблиці 2.9

3	Освітлення внутрішнє	17996,34	8,44
4	Верстати	45,88	0,02
5	Зовнішнє освітлення	2659,28	1,25
6	Втрати в мережі	6208,33	2,91
	<b>РАЗОМ</b>	<b>213152,61</b>	<b>100,00</b>



Рисунок. 2.5 – Баланс споживання електроенергії в котельні за напрямками споживання

Проаналізувавши діаграму споживання електричної енергії об'єктом, можна зробити висновок, що суттєвими споживачами є:

- електричне обладнання насосів (82%);
- освітлення внутрішнє (8,44%);

Таблиця 2.10 — Баланс споживання електроенергії в котельні по відділенням

№ п.п .	Найменування обладнання	W <sub>річ.</sub> кВт·год	Частка в загальному споживанні, %
1	2	3	4
1	Котельна зала	54914,85	25,76
2	Насосна	148195,73	69,53
3	Хімводоочистка та водопідготовка	5930,18	2,78
4	Слюсарна майстерня	346,09	0,16
5	Адміністративні та побутові приміщення	1103,48	0,52
6	Зовнішнє освітлення	2659,28	1,25
	<b>РАЗОМ</b>	<b>213152,61</b>	<b>100,00</b>



Рисунок. 2.6 – Баланс споживання електроенергії по підрозділам за рік

Проаналізувавши діаграму споживання електричної енергії об'єктом по підрозділам, можна зробити висновок, що суттєвими споживачами є :

- насосна (69,53%);
- котельна зала (25,76%);

## 2.8 Оцінка стану та ефективності системи обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті

Точкою розмежування балансової належності є РП 0,4 кВ котельні, де встановлена система комерційного обліку активної електроенергії з лічильниками типу СА4У-І672М. Облік реактивної електроенергії в котельні не ведеться.



Рис 2.7 – Лічильник СА4У-І672М

## 2.9 Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії

### 2.9.1 Заміна ламп розжарювання в котельній залі на лампи ДРЛ

На даний момент освітлення в котельній залі здійснюється лампами розжарювання Б215-225-150 потужністю 150 Вт та світловим потоком 2100 лм в кількості 21 шт. Прийнята проєктом трирядова схема з рівномірним розташуванням світильників в рядах. План розташування ламп наведений на рис.2.8

На сьогоднішній день ці лампи є неекономічними, пропонується провести їх заміну лампи ДРЛ. Попередньо приймаємо як джерело світла лампи ДРЛ-80, основні характеристики яких наведені у табл. 2.11

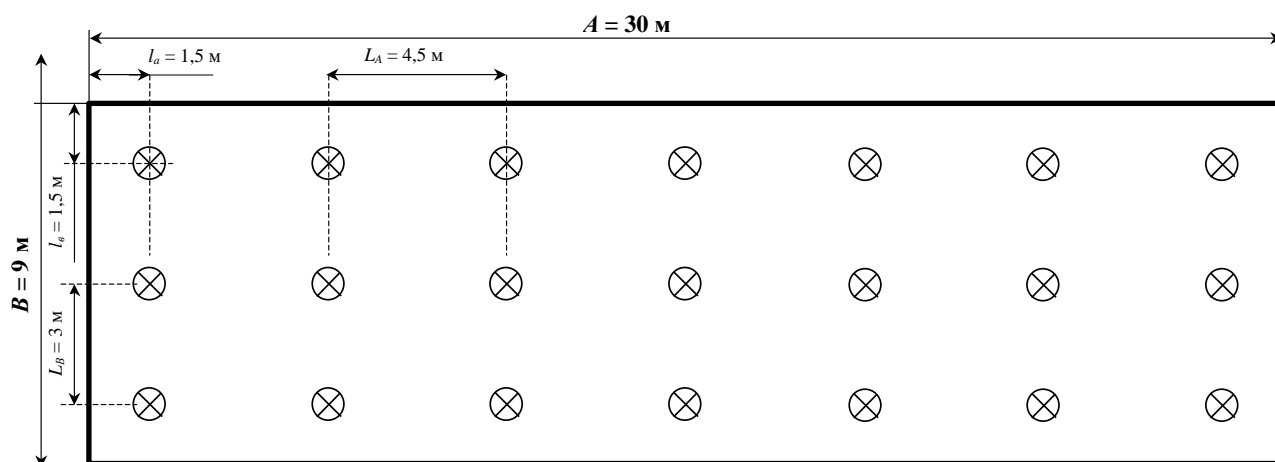


Рисунок 2.8 – Існуюча схема розташування світильників в котельній залі

Таблиця 2.11 — Основні характеристики лампи ДРЛ-80

Тип лампи	Номинальна напруга на лампі, В	Номинальна потужність, Вт	Світловий потік, лм	Середня тривалість горіння, год, не менше	Габаритні розміри, мм, не більше		Тип цоколю
					L	D	
ДРЛ-80	220	80	3800	6000	156	70	E27

Робочою поверхнею, на якій нормується освітленість, є робоча поверхня висотою  $h_p = 0,8$  м, загальне освітлення цеху рекомендується виконувати рівномірним, мінімальна освітленість складає  $E_{min} = 75$  лк.



Світильник має тип кривої сили світла (КСС) – Г-1. Згідно рекомендацій для рівномірного розподілу освітленості для Г-1 приймаємо  $L_A/h = 0,91$ . Висота звисання світильників зі стелі складає  $h_c = 1,0$  м.

Визначаємо висоту підвісу світильників:

$$h = H - h_p - h_c. \quad (2.22)$$

$$h = 5,6 - 0,8 - 1 = 3,8 \text{ м.}$$

Приймаємо загальну кількість світильників  $N = 12$  шт. Розташуємо світильники за схемою, яка наведена на рисунку 2.9

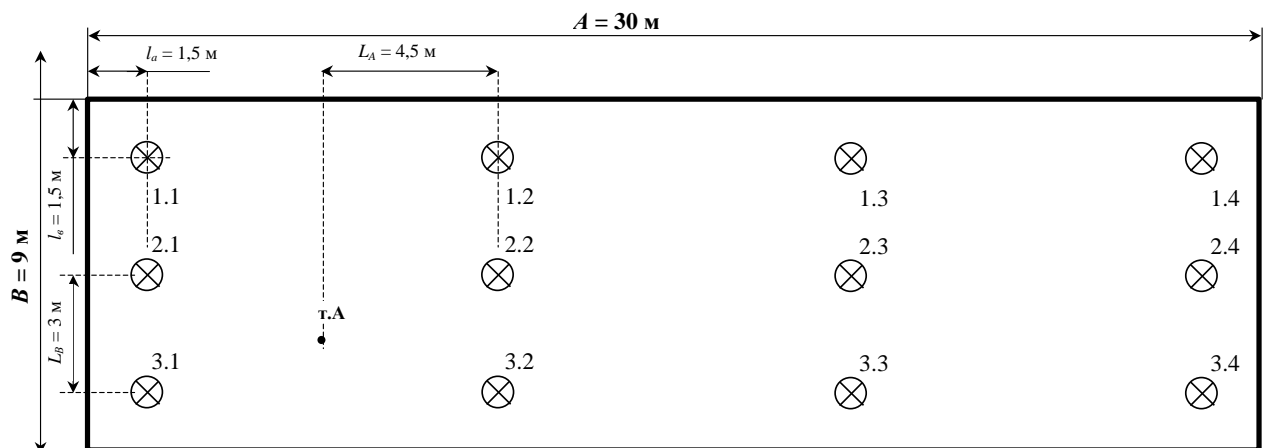


Рисунок 2.9 – Пропонована схема розташування світильників в котельній залі

Виконаємо перевірку запропонованої системи освітлення методом просторових ізолюкс. Для точкових джерел розрахункова фактична освітленість в будь-якій точці котельні на робочій поверхні визначається за виразом:

$$E_\phi = \frac{\Phi_\lambda \cdot \mu \cdot \sum_{i=1}^n e_i}{1000 \cdot K_3} \quad (2.23)$$

де  $\Phi_\lambda$  — світловий потік окремої лампи, лм;

$\sum_{i=1}^n e_i$  — сума умовних освітленостей, розрахованих при умовному

потоці лампи в кожному світильнику (1000 лм) для контрольної точки. Умовну освітленість визначають за кривими просторових ізолюкс (рис. 2.10)

залежно від відстані від контрольної точки до проекції кожної з ламп  $d$  і висоти підвісу світильника  $h$ ;

$n$  – кількість врахованих світильників;

$\mu$  — коефіцієнт додаткової освітленості, що враховує дію віддалених світильників, не врахованих у складовій  $\sum_{i=1}^n e_i$ .

Значення  $\mu$  беруть в межах 1,0...1,5. Воно залежить від коефіцієнтів відбиття поверхонь приміщень, характеру світлорозподілу тощо.

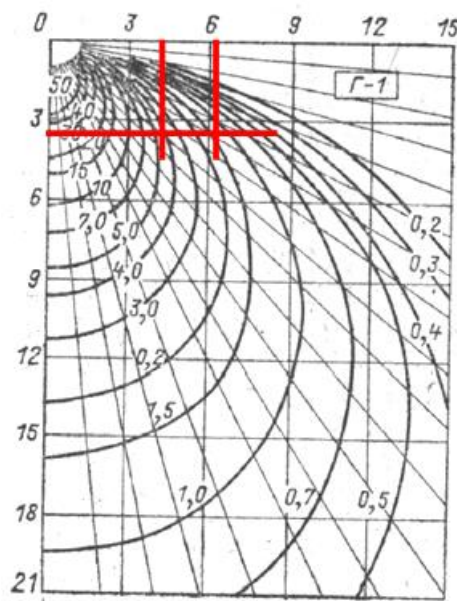


Рисунок 2.10 – Крива просторових ізолюкс

Як характерну точку, в якій необхідно досягти нормованої мінімальної освітленості вибираємо точку А, як показано на рис. 2.9. Для визначення фактичної освітленості в точці А визначимо відстань від світильників до точки. Для цього застосуємо теорему Піфагора:

$$d_{A-2.1} = d_{A-2.2} = d_{A-3.1} = d_{A-3.2} = \sqrt{\left(\frac{L_A}{2}\right)^2 + \left(\frac{L_B}{2}\right)^2} \quad (2.24)$$

$$d_{A-2.1} = d_{A-2.2} = d_{A-3.1} = d_{A-3.2} = \sqrt{\left(\frac{3}{2}\right)^2 + \left(\frac{9}{2}\right)^2} = 4,74 \text{ м.}$$

$$d_{A-1.1} = d_{A-1.2} = \sqrt{\left(L_B + \frac{L_B}{2}\right)^2 + \left(\frac{L_A}{2}\right)^2} \quad (2.25)$$

$$d_{A-1.1} = d_{A-1.2} = \sqrt{\left(3 + \frac{3}{2}\right)^2 + \left(\frac{9}{2}\right)^2} = 6,36 \text{ м.}$$

У зв'язку з тим, що для кривих просторових ізолюкс світильників з типом КСС Г-1 граничне значення  $d = 15$  м. Отже враховувати вплив умовної освітленості від світильників, віддалених на відстань більше 15 м немає сенсу. Для отриманих відстаней за кривих просторових ізолюкс визначаємо умовні освітленості. Результати зводимо в табл.2.12.

Таблиця 2.12 – Результати визначення величини умовної освітленості в т. А

Точка	Відстань, м	Кількість світильників, $n$ , шт	Умовна освітленість, $e_i$ , лк	Сума умовних освітленостей, $\Sigma e_i$ , лк
А	4,74	4	4,5	18
	6,36	2	1,5	3
<b>Разом:</b>				<b>21,0</b>

Визначимо фактичну освітленість в точці А:

$$E_{\phi.A} = \frac{1,4 \cdot 21 \cdot 3800}{1000 \cdot 1,5} = 74,48 \text{ лк.}$$

Перевіримо відповідність вибраної лампи за умовою:

$$0,9 \cdot E_{\min} \leq E_{\phi.A} \leq 1,2 \cdot E_{\min}.$$

Тоді:  $67,5 \text{ лк} < 74,48 \text{ лк} < 90,00 \text{ лк}$ .

Умова виконується.

Для того, щоб у кожній точці котельної зали на робочій поверхні забезпечити нормовану мінімальну освітленість 75 лк необхідно застосувати джерела світла ДРЛ-80 із світловим потоком 3400 лм.

Згідно балансу річне споживання електроенергії ЛР котельної зали за рік складає 10727,388 кВт·год.

При встановленні ламп ДРЛ-80 їх річне споживання буде складати:

$$W_{ДРЛ} = N_{л} \cdot P_{л} \cdot K_n \cdot K_{ПРА} \cdot T_p, \quad (2.26)$$

де  $N_{л}$ ,  $P_{л}$  - відповідно, кількість та потужність ламп ДРЛ;

$K_n$  - коефіцієнт попиту,  $K_n=0,95$ ;

$K_{ПРА}$  - коефіцієнт втрат в пуско-регулюючій апаратурі,  $K_{ПРА}=1,12$ ;

$T_p$  - тривалість роботи ламп ДРЛ за рік, 3400 год.

Тоді

$$W_{ДРЛ} = 12 \cdot 0,08 \cdot 0,95 \cdot 1,12 \cdot 3400 = 3472,9 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Знайдемо економію енергії:

$$\Delta W_p = W_{лр} - W_{ДРЛ}, \quad (2.27)$$

$$\Delta W_p = 10727,388 - 3472,9 = 7254,492 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Річна економія складає:

$$\Delta E_p = \Delta W_p \cdot C \quad (2.28)$$

де  $C$  – тариф на електроенергію, грн/ кВт·год.

$$\Delta E_p = 7254,492 \cdot 2,61 = 18934,2 \text{ грн/рік}$$

Ціна лампи ДРЛ 27 грн/шт.

$$B = N_{ДРЛ} \cdot C_{ДРЛ} \quad (2.29)$$

$$B = 12 \cdot 27 = 324 \text{ грн}$$

Загальна окупність складає:

$$T_{ок} = \frac{B}{\Delta E_p} = \frac{324}{14073,7} = 0,017 \text{ року}$$

### 2.9.2 Заміна ламп ДРЛ зовнішнього освітлення на лампи ДНаТ

Пропонується замінити ртутні ламп високого тиску ДРЛ-250 зовнішнього освітлення території котельні на натрієві лампи високого тиску з використанням існуючих світильників і заміною пускорегулювальної апаратури (ПРА) відповідної потужності виробництва фірми ГРЛ (Полтава).

Очікувана економія електроенергії від заміни ртутних ламп високого тиску на натрієві – 45 %.

Світловий потік лампи ДРЛ-250 дорівнює 12000 лм, а номінальна тривалість експлуатації 1200 годин. Натрієві лампи високого тиску вітчизняного виробництва типу ДНаТ-150 (м. Полтава) мають більш тривалий термін експлуатації — 24000 час. при світловому потоці, рівному 15000 лм.

Розрахункова потужність світильника РКУ01х250/Б03-04, укомплектованого ртутною лампою ДРЛ-250:

$$P_{p1} = P_n \cdot K_{пра} \cdot K_{п} \quad (2.30)$$

де  $P_n = 250$  Вт — потужність лампи ДРЛ-250

$K_{пра}$  — коефіцієнт втрат в пускорегулювальній апаратурі

$K_{п}$  — коефіцієнт попиту.

$$P_{p1} = 250 \cdot 1,12 \cdot 0,95 = 266 \text{ Вт або } 0,266 \text{ кВт.}$$

Кількість споживаної електроенергії шістьма світильниками за один рік складає:  $W_1 = 2659,28$  кВт год/рік (табл.2.9).

Розрахункова потужність світильника РКУ01х250/Б03-04, укомплектованого натрієвою лампою ДНаТ-150

$$P_{p2} = P_n \cdot K_{пра} \cdot K_{п} \quad (2.31)$$

де  $P_{п2} = 150$  Вт — потужність лампи ДНаТ-150-3

$$P_{p2} = 150 \cdot 1,12 \cdot 0,95 = 159,6 \text{ Вт або } 0,1596 \text{ кВт.}$$

Кількість споживаної електроенергії шістьма світильниками за один рік:

$$W_2 = P_{p2} \cdot n \cdot F \quad (2.32)$$

де  $n$  — кількість світильників,  $n = 6$ ;

$F$  — річний фонд часу роботи світильника  $F = 1670$  год./рік.

$$W_2 = 0,1596 \cdot 6 \cdot 1670 = 1599,19 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Річна економія електроенергії з використанням ламп ДНаТ-150-3 складе:

$$\Delta W = W_1 - W_2 = 2659,28 - 1599,19 = 1060,09 \text{ кВт год/рік.}$$

Економія у грошовому вираженні при вартості 1 кВт год 1,94 грн.

$$E_d = 1060,09 \cdot 2,61 = 2766,8 \text{ грн /рік.}$$

Економія витрат на придбання ламп ДРЛ-250 (тому що термін служби ламп ДНаТ-100-3 у 2,0 рази вище):  $6 \cdot 65,63 = 393,78$  грн.

Сумарна річна економія витрат:  $2766,8 + 393,78 = 3160,58$  грн.

Вартість лампи ДНаТ-150-3 з новою пускорегулювальною апаратурою — складає 280 грн. Тоді загальна вартість ламп ДНаТ-150-3:

$$E_{\text{л}} = 6 \cdot 280 = 1680 \text{ грн}$$

Вартість монтажних робіт не враховується, тому що ці роботи будуть виконані персоналом котельні.

Простий термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = 1680 / 3160,58 = 0,531 \text{ року.}$$

### 2.9.3 Автоматичне ввімкнення системи зовнішнього освітлення за допомогою сутінкового реле

Автоматичне керування внутрішнім освітленням порівняно з ручним дає за статистикою економію електроенергії порядку 2-4%.

Економію від даного заходу можна визначити за наступною формулою:

$$\Delta W_i = W_{pi} \cdot (k_{eai} - 1), \quad (2.33)$$

де  $k_{eai}$  - коефіцієнт ефективності автоматизації управління освітленням, який залежить від рівня складності системи управління (табл. 2.13).

Таблиця 2.13 – Значення коефіцієнта ефективності автоматизації управління освітленням

№ з/п	Рівень складності системи автоматичного управління освітленням	$k_{eai}$
1	Контроль рівня освітленості, автоматичне включення та відключення системи освітлення при критичному значенні $E$	1,1 – 1,15
2	Зональне управління освітленням (включення та відключення освітлення дискретно, в залежності від зонального розподілу природної освітленості).	1,2 – 1,25
3	Поступове управління потужністю і світловим потоком світильників в залежності від розподілу природної освітленості	1,3 – 1,4

Економія енергії в результаті впровадження системи автоматичного включення і відключення освітлення

$$\Delta W = W_p (k_{за} - 1) = 2659,28 \cdot (1,1 - 1) = 265,928 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік};$$

В грошовому вираженні економія складе

$$E = 265,928 \cdot 1,94 = 694 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Затрати на реалізацію заходу складуть 800грн

Тоді термін окупності даного МЕЗ

$$T_{ок} = 800 / 694,07 = 1,15 \text{ років}.$$

#### **2.9.4 Встановлення датчиків руху в коридорах, роздягальнях, душових**

Економію від даного заходу можна визначити за наступною формулою:

$$\Delta W_i = W_{pi} \cdot (k_{eai} - 1), \quad (2.34)$$

де  $k_{eai}$  - коефіцієнт ефективності автоматизації управління освітленням, який залежить від рівня складності системи управління (табл. 2.13).

Економія енергії в результаті впровадження системи автоматичного включення і відключення освітлення

$$\Delta W = W_p (k_{за} - 1) = 1069,4 \cdot (1,2 - 1) = 213,88 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік};$$

В грошовому вираженні економія складе

$$\Delta E = 213,88 \cdot 2,61 = 558,23 \text{ грн} / \text{рік}.$$

Затрати на реалізацію заходу складуть 1000грн

Тоді термін окупності даного МЕЗ

$$T_{ок} = 1000 / 558,23 = 1,79 \text{ років}.$$

#### **2.9.5 Заміна двигунів мережевих насосів на менш потужні**

У зв'язку з недостатнім завантаженням двигунів мережевих насосів К 100-65-200а (потужність двигуна 22 кВт), тобто коефіцієнт завантаження менший за 0,6, а також з значним технічним зношенням потрібно провести заміну на нові двигуни (потужність двигуна 15 кВт), внаслідок чого

очікується зменшення величини втрат електроенергії за рахунок підвищення завантаження обладнання.

Річне споживання електричної енергії двигунів мережевих насосів К 100-65-200а визначається за виразом:

$$W_p = N_{\text{дв}} \cdot P_{\text{н.дв}} \cdot \kappa_{\text{в}} \cdot t, \quad (2.35)$$

де  $N_{\text{дв}}$  - кількість двигунів, шт.;

$P_{\text{н.дв}}$  - номінальна потужність одного двигуна, кВт;

$\kappa_{\text{в}}$  - коефіцієнт використання;

$t$  - тривалість роботи двигуна за рік, год.

Тоді річне споживання електричної енергії двигунів мережевих насосів К 100-65-200а до заміни двигунів складає:

$$W_p^{\text{ст.дв}} = 2 \cdot 22 \cdot 0,65 \cdot 24 \cdot 192 = 131788,8 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Річне споживання електричної енергії двигунів мережевих насосів К 100-65-200а після заміни двигунів складає:

$$W_p^{\text{нов.дв}} = 2 \cdot 15 \cdot 0,65 \cdot 24 \cdot 192 = 89856,0 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Величина річної економії електричної енергії в наслідок заміни двигунів визначається за виразом:

$$\Delta W_p = W_p^{\text{ст.дв}} - W_p^{\text{нов.дв}}. \quad (2.36)$$

Тоді

$$\Delta W_p = 131788,8 - 89856,0 = 41932,8 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Що в грошовому еквіваленті складає

$$\Delta E_p = 41932,8 \cdot 2,61 = 109444,6 \text{ грн} / \text{рік}$$

Витрати на впровадження даного заходу складають:

- вартість нових двигунів AIP160S4 – 28174 грн.;
- вартість демонтажу старих двигунів – 1000 грн.;
- вартість монтажу нових двигунів – 1000 грн.

Разом: 30174 грн.

Тоді простий термін окупності даного заходу складає

					НТУУ 001.7103.065 ПЗ	38
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		



$$\text{Ток} = \frac{30174}{109444,6} = 0,275 \text{ року}$$

## Висновок до розділу 2

При проведенні енергетичного обстеження на об'єкті, а саме: районної котельні, були виконані розрахунки щодо споживання електричної енергії, описаний стан СЕП. Було визначенно суттєві споживачі електричної енергії. Складений баланс споживання і визначення суттєвого споживача: електрообладнання насосів (82%).

Було проаналізовано систему електропостачання котельні і електричних приймачів, режим роботи. Розроблені та запропоновані заходи з енергозбереження, що допоможуть раціонально використовувати енергії в подальшому та підвищити рівень ефективності котельні. Слід впроваджувати короткострокові заходи, вони швидко окупаються та дозволять заощадити витрати на електроенергію. Заміна двигунів дає найбільшу економію

Таблиця 2.12 – Заходи з енергозбереження

ЗЕЗ	Заощаджена енергії, кВт·год	Вартість заощаджень грн.	Термін окупності, років
Заміна освітлення котельної зали	7254,492	18934,2	0,017
Заміна зовнішнього освітлення	1060,09	2766,8	0,531
Сутінкове реле	265,928	694	1,15
Встановлення датчиків руху	213,88	558,23	1,79
Заміна двигунів мережевих насосів	41932,8	109444,6	0,275
Всього	50727,19	132397,83	

## 3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

### 3.1 Системи паливо- та теплопостачання об'єкта та їх аналіз

В даний час на балансі підприємства знаходяться 12 котелень та 12 міні котелень, на яких встановлені 52 котла загальною потужністю 292,085 Гкал/г. Теплова енергія надається іншим споживачам в обсягах 55529 Гкал на рік. Протяжність теплових мереж в 2-х трубному численні - 86 км. Система теплопостачання закрита, комбінована. Схема теплопостачання - двохтрубна, частково - чотирьохтрубна. В таблиці 3.1 наведена протяжність теплових мереж районної котельні

Таблиця 3.1 – Протяжність теплових мереж об'єкта.

Протяжність теплових мереж у однотрубному вимірі, м					
Усього	у тому числі за умовними діаметрами:				
	до 100 мм	100 мм	150 мм	200 мм	250 мм
3703	1813	446	466	962	16

Нагріта вода розподіляється від теплогенератора по системі трубопроводів в опалювальні приміщення. Вона розподіляється за допомогою двотрубною системи. В одну трубу подається нагріта вода, так звана "подача", "подаючий трубопровід", на радіатор. У разі підпільного опалення нагріта вода подається на обігрівальну поверхню. Інший трубопровід, який повертає охолоджену воду, який називається "зворотною лінією", "зворотний трубопровід" подає воду в центральний опалювальний котел.

В таблиці 3.2 та 3.3 наведене помісячне споживання газу та води по 2018-2020 роках

					НТУУ 001.7103.065 ПЗ			
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	Аналіз ефективності використання палива та теплової енергії	Літ	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Богойко І.І.						
Перевір.		Чернявський А.В.					40	97
Реценз.						ІЕЕ, гр. ОН-71		
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.						
Затвер.								

Таблиця 3.2 – Споживання природного газу по 2018-2020 роках

Місяць	Споживання газу природного, тис м3		
	в 2018 році	в 2019 році	в 2020 році
Січень	148,736	156,882	197,39
Лютий	110,547	113,645	135,501
Березень	103,826	113,47	109,171
Квітень	15,642	21,106	23,503
Травень	0	0	0
Червень	0	0	0
Липень	0	0	0
Серпень	0	0	0
Вересень	0	0	0
Жовтень	43,748	41,054	66,413
Листопад	91,389	85,407	82,327
Грудень	140,761	148,098	173,786
<b>Разом за рік</b>	<b>654,649</b>	<b>679,662</b>	<b>788,091</b>

Таблиця 3.3 – Споживання води за останні три роки

Місяць	Споживання води, тис м3		
	в 2018 році	в 2019 році	в 2020 році
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Січень	0,72	0,736	0,7
Лютий	0,695	0,702	0,688
Березень	0,615	0,629	0,838
Квітень	0,34	0,571	0,267
Травень	0	0	0
Червень	0	0	0,036
Липень	0	0	0
Серпень	0	0	0
Вересень	0	0	0
Жовтень	0,542	0,253	0,872
Листопад	0,597	0,454	0,754
Грудень	0,743	0,731	0,756
<b>Разом за рік</b>	<b>4,252</b>	<b>4,076</b>	<b>4,911</b>

Споживання газу та води за останні три роки представлено на рисунку 3.1 та 3.2

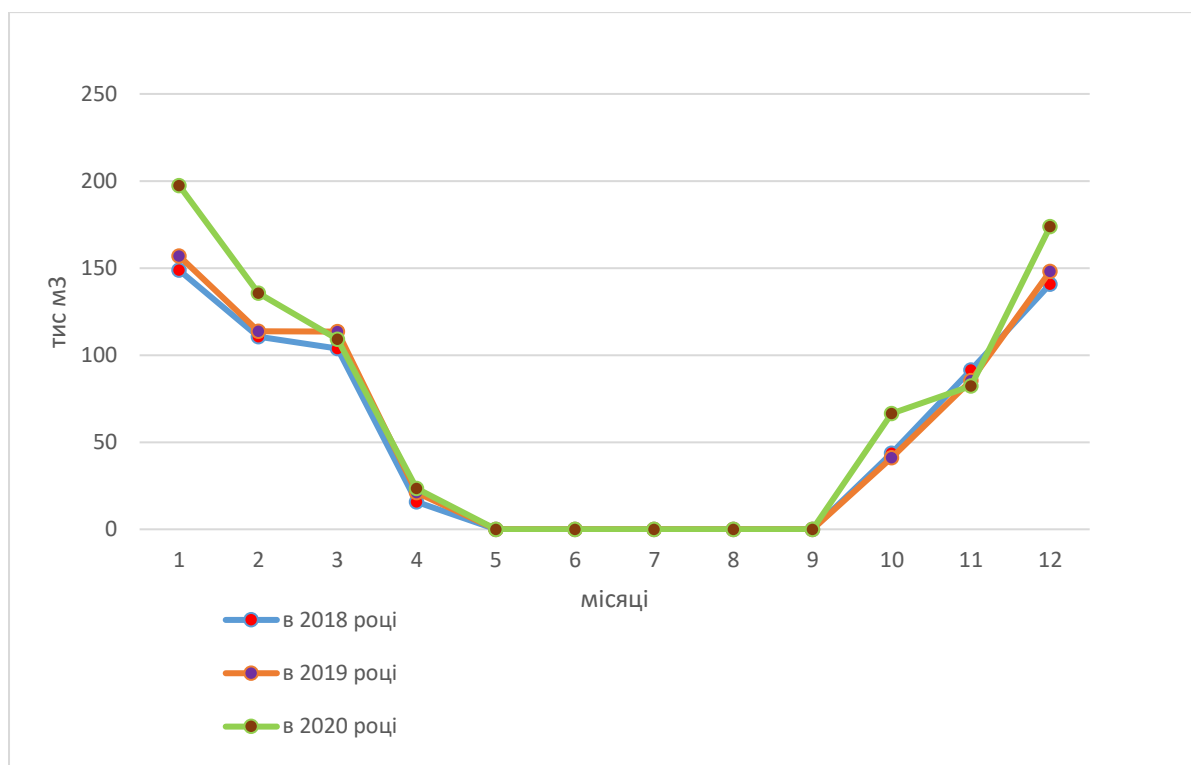


Рисунок 3.1 – Річні графіки споживання газу

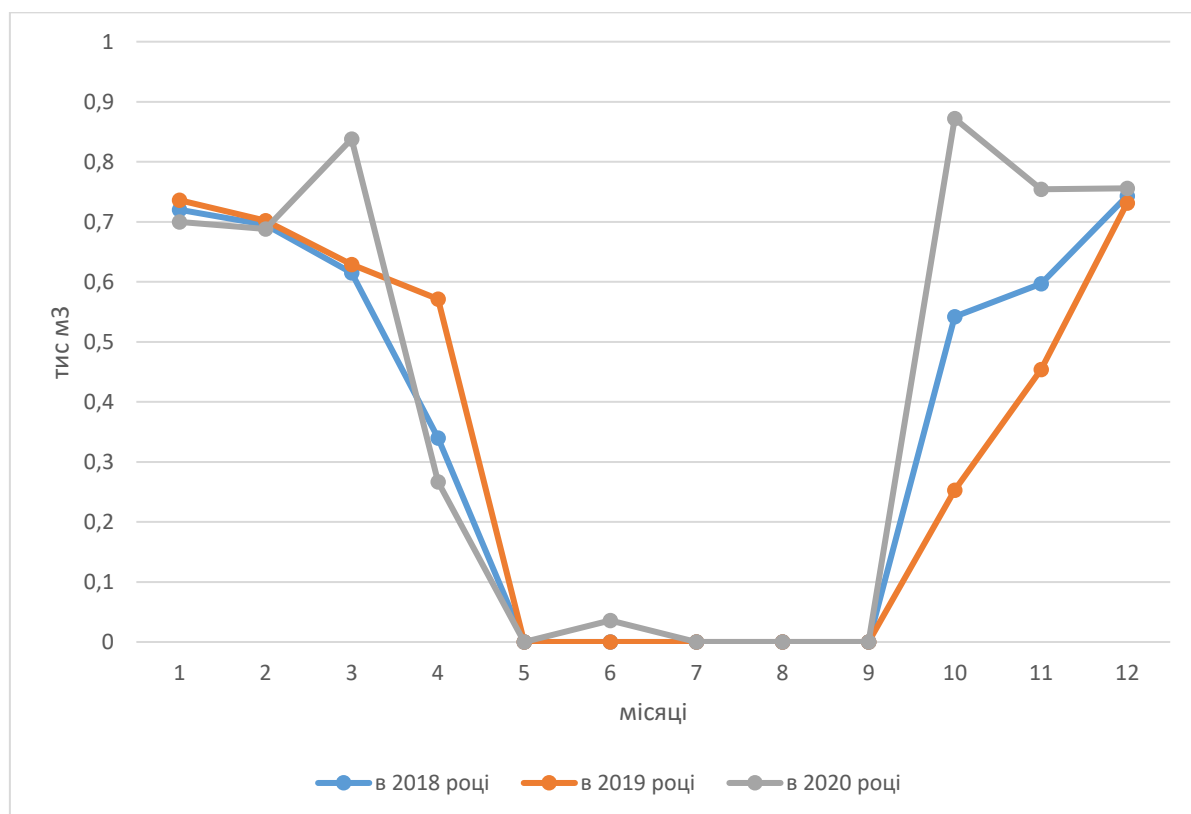


Рисунок 3.2 – Річні графіки споживання води

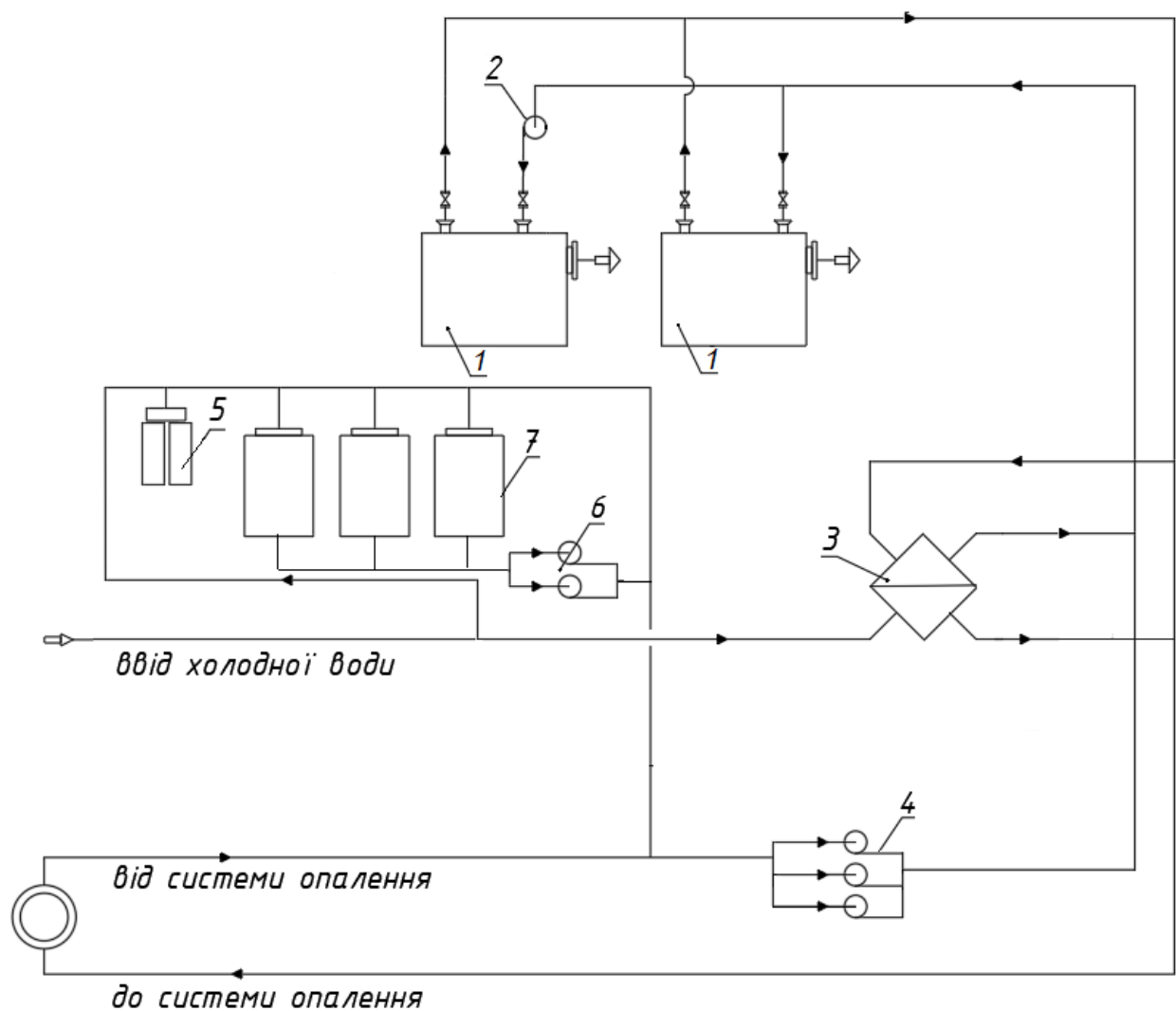


Рисунок 3.3 – Принципова теплова схема

1 – котел ВК-21; 2 – Насос рециркуляційний К 80-550-200; 3 – теплообмінник; 4 – насоси мережіві К-100-65-200; 5 – насос ХВО КМ-32-20-125; 6 – насоси підживлення К 50-32-125 та К 20/30; 7 – баки запасу води

Теплова схема на рисунку 3.3 розрахована на забезпечення споживачів централізовано мережною водою за графіком 115/60 С на опалення. Теплоносій до теплової мережі подається по якісній схемі регулювання теплового навантаження в залежності від температури зовнішнього повітря за допомогою мережних насосів. Згідно з тепловою схемою вихідна вода з господарчо-побутового водопроводу надходить на систему водопідготовки, вода надходить до установки хімводопідготовки безперервної дії. Після баку запасу вода надходить на насоси підживлення, що виконують аварійне

підживлення теплової мережі автоматично при падінні тиску в системі і далі надходить до котлів.

### 3.2 Коротка характеристика та оцінка споживачів палива та теплової енергії

Котельня обладнана двома котлами типу ВК-21. Теплова енергія постачається на опалення споживачів. На рисунку 3.3 зображено котел ВК-21 призначений для опалення і гарячого водопостачання житлових громадських і промислових будівель і приміщень. з абсолютним тиском води не вище 0,7 МПа і максимальною температурою її нагрівання 115 С. Опалювальні котли представляють собою сталеві водогрійні жаротрубні котли.[4]



Рисунок 3.4 – Котел ВК-21 (КСВ-2,0)

В таблиці 3.4 та 3.5 вказані характеристики та показники роботи котлів

Таблиця 3.4 – Технічні характеристики котла типу ВК-21

Потужність, МВт (Гкал)	2,0 (1,72)
Коефіцієнт корисної дії, %	не менше - 92;
Вид та параметри теплоносія	гаряча вода
Максимальна температура води на виході з котла, °С	115
Мінімальна температура води на вході в котел, °С	60
Максимальний робочий тиск води, МПа	0,6
Витрата води, м /год	не менше - 36
Габаритні розміри, мм (довжина/ширина/висота)	274 017 601 300
Маса, кг ( без арматури)	3800

Таблиця 3.5 – Показники роботи котлів ВК-21

Найменування параметру	Позначення	Розмірність	Котли	
			№1	№2
Номінальна теплопродуктивність - паспорт	Q <sub>н</sub>	Гкал/год	1,72	1,72
Витрати води через котел	G <sub>в</sub>	м3/год	65	62
Теплопродуктивність котла	Q <sub>к</sub>	Гкал/год	0,78	0,62
Тиск води до котла	P <sub>1</sub>	кгс/см <sup>2</sup>	4,4	4,4
Тиск води за котлом	P <sub>2</sub>	кгс/см <sup>2</sup>	4,3	4,3
Витрати палива (газ)	B <sub>г</sub>	м3/год	157,68 на 2 котли	
Теплота згорання палива	Q <sub>нр</sub>	ккал/м3	7987	
Тиск газу на пальники	P <sub>г</sub>	кгс/м <sup>2</sup>	306	255
Тиск повітря на пальники	P <sub>в</sub>	кгс/м <sup>2</sup>	357	286
Температура повітря на пальники	t <sub>в</sub>	°C	20	20

### 3.3 Обстеження огорожувальних конструкцій

Котельня зала прямокутної форми в плані розмірами 30х9 (м) висотою 5,6 м. Споруда конструктивно вирішена, як однопролітна, з несучими цегляними стінами товщиною 380мм. Фундаменти стрічкові із збірних залізобетонних фундаментних плит товщиною 400мм. Покрівля складається з залізобетонних плит товщиною 0,22м. В приміщенні вікна дерев'яні з роздільними рамами розміром 3х3м. Загальна площа скління - 72 м<sup>2</sup>. Поверхня стін вкрита цементною штукатуркою. Підлога - керамічна плитка, частково потребує ремонту. Несучі конструкції покрівлі знаходяться в задовільному стані. Вивітрені ділянки зовнішньої поверхні стін на глибину до 10мм не знижує їх несучу здатність.

#### 1) Стіни

Стіни будівлі зроблені з цегли, а всередині та зовні вкриті шаром штукатурки. Сумарний термічний опір глухих стін :

$$R_c = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_c}{\lambda_1} + 2 \cdot \frac{\delta_{ш}}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2} , \quad (3.1)$$

де  $\delta_c$  - товщина шару цегли,  $\delta_c = 0,38$  м;

$\lambda_1$  - теплопровідність цегли на цементно-пісчаному розчині,  $\lambda_1 = 0,56 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$

;

$\delta_{ш}$  - товщина шару штукатурки,  $\delta_{ш} = 0,05$  м;

$\lambda_2$  - теплопровідність штукатурки,  $\lambda_2 = 0,7 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$ ;

$\alpha_1$  - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі,  $\alpha_1 = 8,7 \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$ ;

$\alpha_2$  - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі,  $\alpha_2 = 23 \frac{Вт}{м^2 \cdot ^\circ C}$ .

$$R_c = \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,56} + 2 \cdot \frac{0,05}{0,7} + \frac{1}{23} = 0,979 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}.$$

## 2) Вікна

Вікна у котельні дерев'яні з роздільними рамами.

Відстань між склом  $\delta_{\text{в}} = 0,05$  м. Тоді термічний опір вікон :

$$R_{\text{в}} = \frac{1}{\alpha_1} + 2 \cdot \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{\delta_{\text{в}}}{\lambda_e} + \frac{1}{\alpha_2}, \quad (3.2)$$

де  $\delta$  - товщина одного скла,  $\delta = 0,004$  м;

$\lambda$  - теплопровідність скла,  $\lambda = 0,76 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$ ;

$\lambda_e$  - ефективна теплопровідність зазору,  $\lambda_e = 1,8 \frac{Вт}{м \cdot ^\circ C}$ .

$$R_{\text{в}} = \frac{1}{8,7} + 2 \cdot \frac{0,004}{0,76} + \frac{0,05}{1,8} + \frac{1}{23} = 0,19 \frac{м^2 \cdot ^\circ C}{Вт}$$

Загальна площа зовнішніх стін складає  $F_c = 72$  м<sup>2</sup>

## 3) Двері

Вхідні двері дерев'яні  $= 35,7$  м<sup>2</sup>.

Термічний опір:

$$R_{\text{д}} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{д}}}{\lambda_{\text{д}}} + \frac{1}{\alpha_2}, \quad (3.3)$$

де  $\delta_{\text{д}} = 0,045$  м - товщина дверей;



$\lambda\delta = 0,3 \frac{Bm}{m^{\circ}C}$  - теплопровідність пластику;

$$R\delta = \frac{1}{8,7} + \frac{0,045}{0,18} + \frac{1}{23} = 0,308 \frac{m^2 \cdot C}{Bm},$$

$\alpha_1$  - коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони будівлі,  $\alpha_1 = 8,7 \frac{Bm}{m^2 \cdot C}$ ;

$\alpha_2$  - коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої сторони будівлі,  $\alpha_2 = 23 \frac{Bm}{m^2 \cdot C}$ ;

#### 4) Підлога

Термічний опір підлоги розраховується за формулою:

$$R_{\text{пл}} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{\alpha_2} \quad (3.4)$$

– залізобетонні плита з  $\lambda = 2,04 \frac{Вт}{м \cdot К}$  та товщиною  $\delta = 0,22$  м;

– цементно-піщаний розчин  $\lambda = 0,93 \frac{Вт}{м \cdot К}$  та товщиною  $\delta = 0,005$  м;

– плити з туфу  $\lambda = 0,29 \frac{Вт}{м \cdot К}$  товщина  $\delta = 0,005$  м;

Коефіцієнт теплопередачі підлоги:

$$R_n = \frac{1}{6} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,005}{0,93} + \frac{0,005}{0,29} + \frac{1}{8,7} = 0,404 \frac{m^2 K}{Bm}$$

#### 5) Стеля

Термічний опір стелі розраховується за формулою:

$$R_{\text{стеля}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (3.5)$$

де  $\lambda_1$  - залізобетонні плити, товщиною  $\delta_1 = 0,22$  м,  $\lambda = 2,04 \frac{Вт}{м \cdot К}$ ;

$\lambda_2$  - гравій керамзитовий, товщиною  $\delta_2 = 0,01$  м;  $\lambda_2 = 0,14 \frac{Вт}{м \cdot К}$ ;

$\lambda_3$  - розчин цементно-піщаний, товщиною  $\delta_3 = 0,02$  м,  $\lambda_3 = 0,7 \frac{Вт}{м \cdot К}$

Коефіцієнт теплопередачі даху:

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{23} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,01}{0,14} + \frac{0,02}{0,07} + \frac{1}{8,7} = 0,623 \frac{m^2 K}{Bm}$$

Розрахуємо коефіцієнти теплопередачі за формулою:

$$k_{\text{ст}} = \frac{1}{R_{\text{ст}}}. \quad (3.6)$$

Підставимо отримані значення у формулу (3.6):

$$k_{n1} = \frac{1}{0.979} = 1,02 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

$$k_{n2} = \frac{1}{0.18} = 5,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

$$k_{n3} = \frac{1}{0.308} = 3,24 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

$$k_n = \frac{1}{0.404} = 2,474 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

$$k_n = \frac{1}{0.623} = 1,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

Згідно [4] порівняємо отримані вище значення з мінімально допустимими. Місто Бердянськ входить у II кліматичну зону. На рисунку 3.5 вказані мінімально допустимі значення.

Зведемо отримані дані термічних опорів у таблицю 3.6

Таблиця 3.6 – Порівняння термічних опорів

Огорожа	$K_0, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$	$R_{\text{існ.}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$R_{\text{норм.}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	Менше ДБН в рази
Стіни	1,02	0,979	2,8	2,86
Вікна	5,55	0,18	0,6	3,33
Двері	3,24	0,308	0,5	1,62
Підлога	2,47	0,404	3,3	8,17
Стеля	1,60	0,623	4,5	7,22

Втрати теплоти через зовнішні стіни визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{ст}} = \sum K_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{\text{ст}}. \quad (3.7)$$

Значення  $\beta$  для північної стіни становитиме 10%, для східної та західної – по 5%, для південної 0%.

Ч.ч.	Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$ , $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , для температурної зони	
		I	II
1	Зовнішні стіни	3,3	2,8
2	Суміщені покриття	6,0	5,5
3	Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
4	Горищні перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5
5	Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
6	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
7	Зовнішні двері	0,6	0,5

Рисунок 3.5 – Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель

Приймаємо, що розрахунок внутрішнього повітря  $t_{\text{вн}} = 20^\circ \text{C}$ , розрахунок температури зовнішнього повітря  $t_{\text{з}} = -19^\circ \text{C}$ ,

Площі стін мають наступні значення:

- площа стін ПН та ПД фасадів складає  $168 \text{ м}^2$ ;
- площа стін СХ та ЗХ фасадів складає  $50,4 \text{ м}^2$ ;

Підставимо значення у формулу (3.7):

$$Q_{\text{ст}} = 0,979 \cdot (168 \cdot 1,1 + 168 + (50,4 + 50,4) \cdot 1,05) \cdot (20 + 19) \cdot 1 = 17,5211 \text{ кВт} = 0,015 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Визначимо втрати теплоти через вікна за формулою:

$$Q_{\text{вік}} = \sum K_{\text{вік}} \cdot F_{\text{вік}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{\text{вік}}. \quad (3.8)$$

Загальна площа вікон, що виходять на Північ –  $0 \text{ м}^2$ , на Південь –  $72 \text{ м}^2$ , на Захід –  $0 \text{ м}^2$ , на Схід –  $0 \text{ м}^2$  (пластикові/дерев'яні).

Підставимо значення у формулу (3.8):

$$Q_{\text{вік}} = (0,18 \cdot (72)) \cdot (20 + 19) \cdot 1 = 0,505 \text{ кВт} = 0,0004 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Визначимо втрати теплоти через зовнішні двері за формулою:

$$Q_{\text{дв}} = \sum K_{\text{дв}} \cdot F_{\text{дв}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{\text{дв}}. \quad (3.9)$$

Загальна площа дверей, що виходять на Північ – 12,7м<sup>2</sup>, на Південь – 7,6м<sup>2</sup>, на Захід – 7,6 м<sup>2</sup>, на Схід – 7,6 м<sup>2</sup> (всі дерев'яні).

Підставимо значення у формулу (3.9):

$$Q_{\text{дв}} = (0,308 \cdot (12,7 \cdot 1,1 + 7,6 + (7,6 + 7,6) \cdot 1,05) \cdot (20 + 19) \cdot 1 = 1,086 \text{ кВт} = 0,0009 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Втрати теплоти через підлогу котельної визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{п}} = K_{\text{п}} \cdot F_{\text{п}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}). \quad (3.10)$$

Загальна площа підлоги складає 270 м<sup>2</sup>. Підставимо значення у формулу (3.10):

$$Q_{\text{під}} = 0,404 \cdot 270 \cdot (20 + 19) \cdot 1 = 4,25 \text{ кВт} = 0,0036 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Втрати теплоти через стелю визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{даху}} = \sum K_{\text{даху}} \cdot F_{\text{даху}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}}) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n_{\text{даху}}. \quad (3.11)$$

Загальна площа стелі складає 270 м<sup>2</sup>. Підставимо значення у формулу (3.11):

$$Q_{\text{ст}} = 0,623 \cdot 270 \cdot (20 + 19) \cdot 1 = 6,56 \text{ кВт} = 0,0056 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Отже, визначимо загальні втрати тепла через огорожувальні конструкції за формулою:

$$Q_{\text{огор}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{вік}} + Q_{\text{дв}} + Q_{\text{стелі}} + Q_{\text{підлоги}}. \quad (3.12)$$

Підставивши значення у формулу (3.12) маємо:

$$Q_{\text{огор}} = 0,015 + 0,0004 + 0,0016 + 0,0036 + 0,0056 = 0,0377 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Зведемо всі дані та розрахунки теплового навантаження житлового будинку до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Теплове навантаження котельної

№	Найменування	Умовні позначення	Одиниця виміру	Значення
<b>Вихідні дані</b>				
1	Площа стін	$F_{\text{стін}}$	м <sup>2</sup>	329,1
2	Площа вікон	$F_{\text{вікон}}$	м <sup>2</sup>	72

Продовження таблиці 3.7

3	Площа дверей	$F_{\text{дверей}}$	м <sup>2</sup>	35,7
4	Площа стелі	$F_{\text{стелі}}$	м <sup>2</sup>	270
5	Площа підлоги	$F_{\text{підлоги}}$	м <sup>2</sup>	270
6	Загальна площа	$F_{\text{будівлі}}$	м <sup>2</sup>	976,8
7	Висота будівлі	$H_{\text{буд}}$	м	5,6
8	Розрахункова температура опалювальних приміщень	$t_{\text{вн}}$	°С	20
9	Розрахункова температура зовнішнього повітря	$t_{\text{зовн}}$	°С	-19
10	Тепловтрати через стіни	$Q_{\text{ст}}$	кВт	17,52
11	Тепловтрати через вікна	$Q_{\text{в}}$	кВт	0,505
12	Тепловтрати через двері	$Q_{\text{дв}}$	кВт	1,86
13	Тепловтрати через стелю	$Q_{\text{с}}$	кВт	6,56
14	Тепловтрати через підлогу	$Q_{\text{п}}$	кВт	4,25
15	<b>Сумарні тепловтрати через огорожувальні конструкції</b>	$Q_{\text{ок}}$	<b>кВт</b>	<b>30,695</b>

Втрати теплоти на вентиляцію, підраховується за формулою:

$$Q_{BB} = 0,337 \cdot V_v \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}) \cdot 0,7, \quad (3.13)$$

де  $V_v$  – вентиляційний об'єм

Отже маємо за формулою (3.13):

$$Q_B = 0,337 \cdot 1512 \cdot (20 + 19) \cdot 0,7 = 13910,6 \text{ Вт}$$

Зобразимо тепловтрати через огорожувальні конструкції на рисунку

3.6

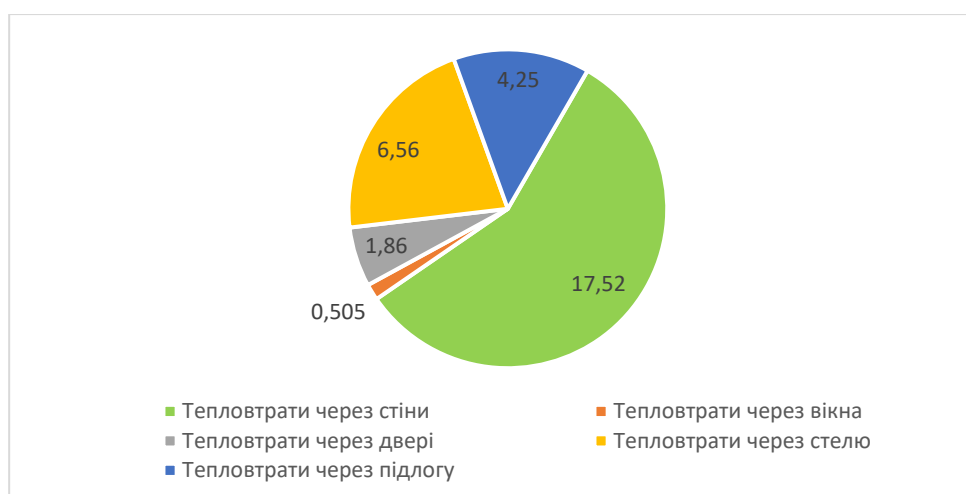


Рисунок 3.6 – Тепловтрати котельної

Як видно з рисунку, найбільші тепловтрати складають стіни, стеля та підлога. Найменші втрати в дверях та вікнах

### 3.4 Теплові надходження

Потрібно розрахувати теплові надходження які визначаються за формулою[6]:

$$Q_{\text{НАД}} = Q_{\text{Л}} + Q_{\text{ЕЛ}} + Q_{\text{ОСВ}} + Q_{\text{ТО}} + Q_{\text{СЛ}} + Q_{\text{П}}, \quad (3.14)$$

де  $Q_{\text{Л}}$  - від людей;

$Q_{\text{ЕЛ}}$  - від електроустаткування і приладів;

$Q_{\text{ОСВ}}$  - від освітлювальних приладів;

$Q_{\text{ТО}}$  - від гарячих поверхонь теплообмінних апаратів та трубопроводів;

$Q_{\text{СЛ}}$  - від сонячної радіації крізь скління;

$Q_{\text{П}}$  - від сонячної радіації крізь плоскі покрівлі.

Надходження теплоти від людей визначається за формулою:

$$Q_{\text{Л}} = n \cdot q_{\text{я}}, \quad (3.15)$$

де  $q_{\text{я}}$  – питома кількість явної теплоти, що виділяється однією людиною (таблиця 3.8), Вт/люд.;

$n$  – кількість людей, які одночасно знаходяться в приміщенні.

Надходження теплоти від людей за формулою (3.15) становить:

$$Q_{\text{л}} = 99 \cdot 10 = 990 \text{ Вт}$$

Таблиця 3.8 – Показники які виділяються дорослим чоловіком

Показники	Температура повітря в приміщенні, °C					
	10	15	20	25	30	35
При легкій роботі						
Теплота:						
явна	151	122	99	64	41	6
прихована	29	35	52	81	104	139
повна	180	157	151	145	145	145
Волога	40	55	75	115	150	200

Тепло надходження від освітлювальних приладів визначаються за формулою[7]:

$$Q_{OCB} = N_{OCB} \cdot k_{OCB} \cdot k_{B.OCB}, \quad (3.16)$$

де  $N_{OCB}$  – сумарна потужність освітлювальних приладів, Вт;

$k_{OCB}$  – коефіцієнт показує, яка частина електроенергії переходить в теплоту, що нагріває повітря в приміщенні;

$k_{B.OCB}$ .- коефіцієнт використання світильників.

В будівлі освітлення надається лампами розжарювання (надходженням від люменісцентних ламп нехтуємо), що мають теплові надходження за формулою (3.12):

$$Q_{OCB} = 3150 \cdot 0,6 \cdot 0,75 = 1417,5 \text{ Вт}$$

Теплота від сонячної радіації поступає в приміщення крізь світлові отвори зовнішніх огорож  $Q_{CL}$ , а також крізь зовнішні стіни і плоскі покрівлі  $Q_{П}$ . Теплонадходження від сонячної радіації крізь стіни незначні і їх можна не враховувати.

Теплонадходження від сонячної радіації крізь плоскі покрівлі визначають за формулою[6]:

$$Q_{П} = F_{П} \cdot q_{П} \cdot \frac{1}{R_{П}^{ПOT}} \quad (3.17)$$

де  $F_{П}$  , - площа покрівлі, м<sup>2</sup>;

$q_{П}$ - середня величина сонячної радіації на 1 м<sup>2</sup> покрівлі, Вт /м<sup>2</sup> (таблиця 3.9);

$R_{П}^{ПOT}$  - безрозмірний коефіцієнт, чисельно рівний опору теплопередачі покриття.

Теплонадходження від сонячної радіації за формулою (3.17):

$$Q_{П} = 270 \cdot 21 \cdot \frac{1}{0,623} = 9101,22 \text{ Вт}$$

Таблиця 3.9 – Кількість сонячної радіації,  $q_{\Pi}$ , Вт /м<sup>2</sup>

Характеристика покриття	Градуси географічної широти	$q_{\Pi}$
Плоске (без горища)	35	23
	45	21
	55	17,5
	65	13
З горищем	Для усіх широт	5,8

Теплові надходження від сонячної радіації крізь вікна протягом опалювального періоду визначаються за формулою:

$$Q_c = \xi_v \cdot \varepsilon_v (F_{\Pi n} \cdot I_{\Pi n} + F_c \cdot I_c + F_{\Pi d} \cdot I_{\Pi d} + F_z \cdot I_z), / T_{опал} \quad (3.18)$$

де  $\xi_v$ , – коефіцієнт, що враховують затінення вікон непрозорими елементами заповнення;

$I_{\Pi n}$ ,  $I_{cх}$ ,  $I_{\Pi d}$ ,  $I_{зх}$  – середня величина сонячної радіації за опалювальний період (таблиця 3.10), що потрапляє на вертикальні поверхні, при дійсних умовах хмарності;

$F_{\Pi n}$ ,  $F_c$ ,  $F_{\Pi d}$ ,  $F_z$  – площа світлових прорізів фасадів будинку, м<sup>2</sup>

Таблиця 3.10 – Середня величина сонячної радіації

Сумарна сонячна радіація за опалювальний період, кВт год/м <sup>2</sup>	Поверхня				
	$\Pi n$	$\Pi n c_x$	$c_x$	$\Pi d c_x$	горизонт
	68,9	82,2	126,1	201,4	243,3
	$\Pi d$	$\Pi d зх$	з	$\Pi n зх$	
	244,72	206,34	133,3	81,9	

Знаходимо теплові надходження від сонячної радіації за формулою (3.18):

$$Q_c = 0.75 \cdot 0.65 \cdot (168 \cdot 244,72) / (24 \cdot 159) = 5,252 \text{ кВт} = 5252 \text{ Вт}$$

Підставивши значення у формулу (3.14) знайдемо сумарні теплові надходження в житловому будинку та зобразимо на рисунку 3.7:

$$Q_{над} = 990 + 1417,5 + 9101,22 + 5252 = 16760,7 \text{ Вт}$$





Рисунок 3.7 – Теплонадходження в котельній

Можно зробити висновок що значна частина енергії надходить від сонячної радіації крізь вікна та крізь плоску покрівлю

### 3.5 Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів теплової енергії

#### 3.5.1 Утеплення зовнішніх стін теплоізоляційним матеріалом

Через стіни котельної втрачається значна частина теплової енергії тому пропонуємо накласти теплову ізоляцію. Оптимальна товщина ізоляції при зовнішньому утепленні 15-20см. Оберемо мінеральні плити з коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda=0,04$  Вт/(м·К) товщиною  $\delta=0,2$  м. Мінеральна вата прикріплюється до площини стіни, на неї накладається металева сітка з метою подальшого закріплювання на ній шару штукатурки з коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda=0,82$  Вт/(м·К); товщиною  $\delta=0,005$ м.

Сумарні втрати через огорожувальні конструкції складають:

$$Q_{el} = 30695 \text{ Вт}$$

При використанні теплоізоляції зміниться коефіцієнт теплопередачі, відповідно втрати через огорожувальні конструкції становитиме:

$$R_c = \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,56} + 2 \cdot \frac{0,05}{0,7} + \frac{1}{23} + \frac{0,2}{0,04} + \frac{0,005}{0,82} = 5,98 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$$

$$k_{n1} = \frac{1}{5.98} = 0,167 \frac{Bm}{m^2 K}$$

$$Q_{cm} = 0,167 \cdot (168 \cdot 1,1 + 168 + (50,4 + 50,4) \cdot 1,05) \cdot (20 + 19) \cdot 1 = \\ = 2,98 \text{ кВт} = 0,0025 \frac{Гкал}{год}$$

$$Q_{e2} = 2980 + 505 + 1860 + 6560 + 4250 = 16155 Bm$$

$$\text{З відношення } Q_{e1} \text{ та } Q_{e2} \frac{16155}{30695} = 0,52 \text{ видно, що економія складе } 48\%$$

Розраховуємо економію втрат тепла з річним споживанням на власні потреби в розмірі 215 Гкал/рік:

$$\Delta Q = Q_p \cdot 0,48 \quad (3.19)$$

$$Q = 215 \cdot 0,48 = 103,2 \text{ Гкал/рік.}$$

Розрахуємо річну економії

При тарифі 1719,55 грн/Гкал річна економія складе:

$$\Delta E = \Delta Q \cdot C, \quad (3.20)$$

$$\Delta E = 103,2 \cdot 1719,55 = 177457,56 \text{ грн/рік}$$

Розрахуємо витрати на захід.

Ціна 1м<sup>2</sup> мінеральної плити складає 200 грн, арматурна сітка з штукатуркою 115 грн. Затрати на ізоляцію та роботи по утепленню складуть 450 грн/м<sup>2</sup>.

Загальна площа стін 160м<sup>2</sup>. Загальні витрати по впровадженню дорівнюють:

$$Ц = Fc \cdot Cp, \quad (3.21)$$

$$Ц = 160 \cdot 450 = 72000 \text{ грн.}$$

Термін окупності:

$$T = \frac{Ц}{\Delta E} \quad (3.22)$$

$$T = \frac{72000}{177457,56} = 0,4 \text{ років.}$$

### 3.5.2 Заміна дерев'яних вікон на алюмінієві

В котельній залі віконні конструкції є старими дерев'яними та становлять 72м<sup>2</sup>, що приводить до втрат теплоти через нещільність скла до дерев'яних рам, які нещільно прилягають до коробів. Необхідно зробити заміну старих вікон на нові алюмінієві. Це дасть можливість знизити втрати теплоти.

Розрахунок втрат теплової енергії:

$$k_{n2} = \frac{1}{0.18} = 5,5 \frac{Вт}{м^2 К},$$

$$Q_{вік} = 5,55 \cdot (72) \cdot (20 + 19) \cdot 1 = 15584 Вт$$

Середня температура в опалювальний період 2019-2020 року становила 4<sup>0</sup>С.

$$Q_{вік} = 5,55 \cdot (72) \cdot (20 - 4) \cdot 1 = 6393,6 Вт = 6,39 кВт$$

Враховуючи, що кількість годин в опалювальний період приблизно 4300, розрахуємо втрати теплоти:

$$Q_{вік} = 6,39 \cdot 4300 = 27492,5 кВт = 23,6 Гкал$$

Що в грошовому еквіваленті при середній ціні 1480 грн/Гкал:

$$E = 23,6 \cdot 1719,55 = 40581,4 грн$$

Витрати на введення в експлуатацію

Провівши моніторинг ринку алюмінієвих вікон міста Бердянськ було визначено, що ціна за 1м<sup>2</sup> алюмінієві вікна складає близько 1100 грн[9].

$$Ц_{в} = 1100 \cdot 72 = 79200 грн$$

Також необхідно враховувати ціну утилізації старих вікон. Приблизна ціна 1 м<sup>2</sup> старих віконних конструкцій в місті Бердянськ, в яку входить завантаження та вивіз, складає 25 грн.

$$Ц_{в} = 72 \cdot 25 = 1800 грн$$

Загальна сума витрат:

$$Ц_{в} = 1800 + 79200 = 81000 грн$$

Розрахунок економії

$$R\partial = 0,61 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Bm}$$

$$k_n = \frac{1}{0,61} = 1,63 \frac{Bm}{m^2 K}$$

Теплові втрати в даному випадку становитимуть:

$$Q_{\text{внк}} = 1,63 \cdot (72) \cdot (20 - 4) \cdot 1 = 1877,76 Bm = 1,87 kBm$$

$$Q_{\text{внк}} = 1,87 * 4300 = 8041 kBm = 6,9 Gкал$$

Річна економія становитиме:

$$\Delta Q = 23,6 - 6,9 = 16,7 Gкал$$

Що в грошовому еквіваленті:

$$E = 16,7 * 1719,55 = 28716,49 \text{ грн}$$

Оцінка терміну окупності:

$$T_{ок} = \frac{81000}{28716,49} = 2,82 \text{ роки}$$

Простий термін окупності становить 2,82 роки. Проте, існує тенденція до значного щорічного підвищення тарифу за теплову енергію, тому реальний термін окупності буде значно меншим.

Впровадження даного заходу дозволить знизити втрати теплоти. Також даний захід дозволить знизити витрати на фарбування та ремонт старих дерев'яних вікон.

### 3.5.3 Заміна дерев'яних дверей на алюмінієві

На даний час котельня має дерев'яні двері площею 35,7 м<sup>2</sup>. Рекомендується замінити старі двері на нові алюмінієві.

Розрахунок втрат

Тепловтрати конструкцій визначаються за формулою:

$$Q_{\text{огр}} = \sum k_i \cdot F_i \cdot \Delta t_i = \sum \left( \frac{1}{R_o} \right) \cdot F \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зов}}), \quad (3.23)$$

де  $K_i = \frac{1}{R_o}$  – коефіцієнт теплопередачі зовнішніх огорожень,

$$k_{n3} = \frac{1}{0.308} = 3,24 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

F - площа поверхні огорожувальної конструкції, F = 35,7 м²;

$$Q_{\text{огр}} = (3,24 \cdot (12,7 \cdot 1,1 + 7,6 + (7,6 + 7,6) \cdot 1,05) \cdot (20 + 19) \cdot 1 = 2,68 \text{ кВт}$$

Середня температура в опалювальний період 2019-2020 року становила 4°C.

$$Q_{\text{огр}} = (3,24 \cdot (12,7 \cdot 1,1 + 7,6 + (7,6 + 7,6) \cdot 1,05) \cdot (20 - 4) \cdot 1 = 1,1 \text{ кВт}$$

Враховуючи, що кількість годин в опалювальний період приблизно 4300, розрахуємо втрати теплоти:

$$Q_{\text{огр}} = 1101,16 \cdot 4300 = 4735 \text{ кВт} = 4,07 \text{ Гкал}$$

Що в грошовому еквіваленті при середній ціні 1719,55 грн/Гкал:

$$E = 4,07 \cdot 1719,55 = 6998,57 \text{ грн}$$

Втрати на введення в експлуатацію

Провівши моніторинг ринку алюмінієвих дверей міста Бердянськ було визначено, що ціна за 1 м² металопластикових дверей складає близько 1000 грн в цю ціну входять демонтажно-монтажні роботи. Ціна за утилізацію старих дерев'яних дверей складає близько 400 грн.

Витрати на заміну дверей:

$$Ц_{\text{д}} = 1000 \cdot 35,7 = 35700 \text{ грн}$$

$$Ц_{\text{д}} = 400 \cdot 35,7 = 14280 \text{ грн}$$

Загальна сума витрат:

$$Ц_{\text{д}} = 35700 + 14280 = 49980 \text{ грн}$$

Розрахунок економії

Заявлений виробником коефіцієнт теплопередачі нових алюмінієвих дверей становить

					НТУУ 001.7103.065 ПЗ	59
Змн.З	Арк.А	№ докум.№	Підпис	Дата		

$$R\partial = 0,61 \frac{m^2 \cdot ^\circ C}{Bm}$$

$$k_n = \frac{1}{0.61} = 1,63 \frac{Bm}{m^2 K}$$

Теплові втрати в даному випадку становитимуть:

$$Q_{ов} = 1,63 \cdot (12,7 \cdot 1,1 + 7,6 + (7,6 + 7,6) \cdot 1,05) \cdot (20 - 4) \cdot 1 = 0,74 \text{ кВт}$$

$$Q_{ов} = 741,29 \cdot 4300 = 3187,58 \text{ кВт} = 2,74 \text{ Гкал}$$

Річна економія становитиме:

$$\Delta Q = 4,07 - 2,74 = 1,33 \text{ Гкал}$$

Що в грошовому еквіваленті:

$$E = 1,33 \cdot 1719,55 = 2287 \text{ грн}$$

Терміну окупності:

$$T_{ок} = \frac{49980}{2287} = 21,85 \text{ роки}$$

Простий термін окупності становить 21,85 роки. Проте, існує тенденція до значного щорічного підвищення тарифу за теплову енергію, тому реальний термін окупності буде значно меншим.

Впровадження даного заходу дозволить знизити втрати теплоти. Алюмінієві двері надійні і довговічні. Алюміній має високу стійкість до впливу корозії. Пожегобезпечні, завдяки їх вогнестійкі, алюмінієві профілі використовуються при виробництві дверних конструкцій для протипожежних виходів і бар'єрів[11].

### 3.5.4 Утеплення стелі

Термічний опір стелі розраховується за формулою:

$$R_{стеля} = \frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (3.24)$$

де  $\lambda_1$  - залізобетонні плити, товщиною  $\delta_1=0,22$  м,  $\lambda=2,04 \frac{Вт}{м \cdot К}$  ;

$\lambda_2$  - гравій керамзитовий, товщиною  $\delta_2=0,01$  м;  $\lambda_2 = 0,14 \frac{Вт}{м \cdot К}$  ;

$\lambda_3$  - розчин цементно-піщаний, товщиною  $\delta_3=0,02$  м,  $\lambda_3 = 0,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{23} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,01}{0,14} + \frac{0,02}{0,07} + \frac{1}{8,7} = 0,623 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

Коефіцієнт теплопередачі даху:

$$k_n = \frac{1}{0,623} = 1,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

Теплова ізоляція дозволить зменшити теплові втрати. В якості утеплювача будемо використовувати мінераловатні плити. Площа котельні складає  $270 \text{ м}^2$

Пропонується теплоізоляція утеплювачем ROCKWOOL MAX[13] з теплопровідністю  $= 0,037 \text{ Вт/м} \cdot \text{°С}$ .

Розрахунок ефективності утеплення:

Термічний опір  $R_{\text{дах}} = 0,623 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$  значно менший за нормативний

$$R_{\text{дах}} = 4,5 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Визначаємо необхідну товщину утеплювача:

$$\delta_{\text{ут}} = (R_0 - R_{\text{дах}}) \cdot \lambda_{\text{ут}} \quad (3.25)$$

Підставимо дані у формулу:

$$\delta_{\text{ут}} = (4,5 - 0,623) \cdot 0,037 = 0,15 \text{ м}.$$

Визначаємо термічний опір дахового перекриття з утеплювачем ROCKWOOL MAX товщиною  $0,15$  м:

$$R_{\text{дах}} = \frac{1}{23} + \frac{0,22}{2,04} + \frac{0,01}{0,14} + \frac{0,02}{0,07} + \frac{0,15}{0,037} + \frac{1}{8,7} = 4,67 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

Визначаємо коефіцієнт теплопровідності дахового перекриття після утеплення:

$$k_n = \frac{1}{4,67} = 0,214 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

Розрахуємо тепловтрати з новим коефіцієнтом теплопередачі:

$$Q_{ст} = 0,214 \cdot 270 \cdot (20 + 19) \cdot = 2,25 \text{ кВт} = 0,0019 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

Знайдемо економію теплової енергії

$$Q_o = \frac{(6560 - 2251) \cdot 159 \cdot 24 \cdot 10^{-3}}{1163} = 14,138 \text{ Гкал / рік}$$

Знайдемо економію теплової енергії в грошовому еквіваленті:

$$E = 14,138 \cdot 1719,55 = 24312 \text{ грн / рік}$$

Ціна на утеплювач ROCKWOOL MAX складе 85 грн/м<sup>2</sup>. Витрати на встановлення становитиме 95 грн/м<sup>2</sup>.

Витрати на утеплення даху:

$$Ц_d = 270 \cdot (85 + 95) = 48600 \text{ грн}$$

Знайдемо простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{48600}{24312} = 1,99 \text{ роки}$$

### Висновок до розділу 3

Впровадження запропонованих заходів зведені у таблицю 3.11 з енергозбереження дозволить заощадити 135,368 Гкал за рік, що становить близько 232 тисяч гривень на рік. Найбільшу економію дає захід з утеплення стін. Використання алюмінієвих конструкцій дає не тільки зменшення втрат через теплопередачу, а ще й мають високі показники тепло і шумоізоляції. Одна з переваг конструкцій з алюмінію – їхня пожежобезпечність, що дуже актуально так як котельня працює з пожежонебезпечними речовинами

Таблиця 3.11 – Заходи з енергозбереження

ЗЕЗ	Заощаджена енергії, Гкал	Вартість заощаджень грн.	Термін окупності, років
Утеплення стін	103,2	177457,56	0,4
Заміна вікон	16,7	28716,49	2,82
Заміна дверей	1,33	2287	21,85
Утеплення даху	14,138	24312	1,99
Всього	135,368	232773,05	



## 4 СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТА

### 4.1 Оцінка відповідності стану існуючої на об'єкті системи енергетичного менеджменту вимогам ДСТУ ISO 50001:2020

Національний Стандарт України ISO 50001:2020 потрібен для покращення системи енергетичного менеджменту на підприємстві та кращого аналізу споживання енергетичних ресурсів. Вимоги стандарту призводять до систематизування поліпшення енергетичної результативності. Його можливо застосовувати для будь-яких організацій які знаходяться в різних умовах [13]. Котельня не має системи енергетичного менеджменту, але використання цієї системи дозволить вирішити проблему споживання енергії та витрат на закупівлю відповідних ресурсів. Впровадження системи енергетичного менеджменту дає можливість підприємству протидіяти глобальній зміні клімату за рахунок зниження емісії парникових газів.

### 4.2 Визначення базового рівня споживання природного газу

Так як котельня надає послуги з опалення населення тому велике споживання електроенергії, води та природного газу відбувається в опалювальний сезон. Базовий рівень споживання природного газу показує скільки газу споживається котельною за один рік, цей рівень повинен залишатися незмінним протягом всього періоду впровадження енергоефективних заходів. Споживання природного газу та середню температуру можна побачити в таблиці 4.1

Проведемо регресійний аналіз залежності споживання природного газу котельнею від середньої температури та кількості виробленої теплової енергії за допомогою *Excel*. Результати аналізу зведемо у додаток А.

					НТУУ 001.7103.065 ПЗ			
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата	Система енергетичного менеджменту об'єкта	Лім	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Богойко І.І.						
Перевір.		Чернявський А.В.					63	97
Реценз.						ІЕЕ, гр. ОН-71		
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.						
Затвер.								

Таблиця 4.1 – Споживання природного газу та втроволеної телової енергії

Місяць	Споживання природного газу, тис м <sup>3</sup>	Вироблення теплової енергії	Середня температура t, °С
Січень	197,39	1424,612568	-0,6
Лютий	135,50	1023,393215	0,2
Березень	109,17	761,830375	3,8
Квітень	23,50	97,31722071	10,4
Травень	0	0	17,5
Червень	0	0	22,3
Липень	0	0	25
Серпень	0	0	24,6
Вересень	0	0	18,7
Жовтень	66,41	410,6180734	12
Листопад	82,33	655,5865136	5,8
Грудень	173,79	1270,572034	1,5

З розрахунку регресійного аналізу визначаємо коефіцієнти рівняння регресії:

$$a = 1,983 \quad b = 0,135$$

Найбільш значним є показник вироблення теплової енергії, записуємо лінійне рівняння регресії

$$W = 1,983 - 0,135 * Q \quad (4.1)$$

Встановлений базовий рівень енергоспоживання, вказує базовий рівень енергоефективності, досягнутий на об'єкті

Визначимо та зведемо у таблицю 4.2 відношення використаної електроенергії до виробленої теплової за 2020 рік

Таблиця 4.2 – Відношення спожитої електричної енергії до виробленої теплової енергії

Кількість спожитої електричної енергії (кВт·год)	Кількість виробленої теплової енергії котельнею, Гкал	Відношення спожитої електричної енергії (кВт·год) до виробленої теплової енергії (Гкал)
213152,61	5643,9303	37,7

### 4.3 Представлення «Енергетичної політики» підприємства

Для підвищення енергоефективності підприємству необхідно зменшувати витрати на паливно-енергетичні ресурси. Будь-якому підприємству можна запропонувати різні варіанти технічних проєктів, що дозволять знизити енергоспоживання. Але вони будуть ефективні тільки у тому випадку коли на підприємстві організована система енергетичного менеджменту.

Енергетичний менеджмент – система яка послідовно допомагає знизити рівень енергоспоживання до необхідного значення для виробництва.

Енергетичний менеджмент діє за певним циклом та включає в себе стандартні дії відносно об'єкта енергоспоживання. Об'єктом може бути як складова підрозділу – котельня, ЦТП, або окреме енергоємне устаткування (котли, насосні агрегати), так і підприємство в цілому.

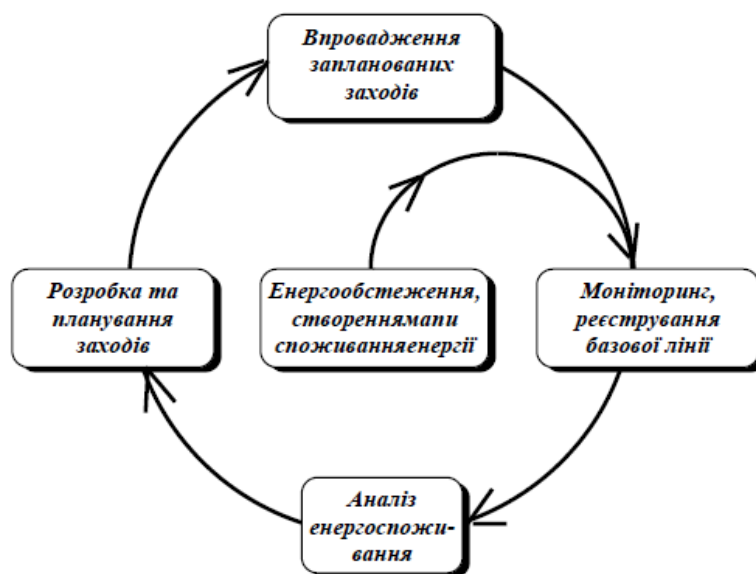


Рисунок 4.3 – Цикл дій енергетичного менеджменту

На рисунку 4.3 представлена схема, яка для загального випадку показує зміст циклу енергетичного менеджменту.

Складовими енергоменеджменту є

- навчення персоналу
- сучасний облік енергоресурсів
- аналіз енергоспоживання

У випадку відсутності одного елемента енергетичний менеджмент не буде являти собою систему енергозбереження. Це зменшить продуктивність енергетичної політики підприємства.

**Навчений персонал** – найбільш важлива складова енергетичного менеджменту являє собою спеціальну штатну структуру, состав якої може коливатися від одного до декількох фахівців-енергоменеджерів, залежно від величини підприємства. Призначення енергоменеджерами непідготовлених людей без чітких функцій, крім дискредитації енергозбереження й додаткового хаосу й бюрократії, підприємству нічого не принесе.

**Облік енергоресурсів** – це комплекс сучасних автоматизованих засобів обліку ПЕР, за допомогою яких енергоменеджери підприємства можуть здійснювати оперативний контроль витрат тих або інших енергоресурсів і їх параметри. Чим вище рівень організації обліку ПЕР, тем вище якість роботи з керування витратами енергоресурсів.

#### **Аналіз енергоспоживання та прийняття управлінських рішень.**

Енергоменеджери підприємства використовують певні методики для обробки й аналізу даних про енергоспоживання. На підставі проведеного аналізу енергоменеджери ухвалюють рішення, пов'язані з підтримкою оптимального рівня витрат ПЕР. Після цього дані рішення оперативно впроваджуються.

#### **Енергетичний аудит**

Початок функціонуванню енергетичного менеджменту на підприємстві покликаний забезпечити енергетичний аудит, який повинен бути виконаний енергосервісною фірмою.

У завдання енергоаудиту входить:

- вимірювання потоків усіх видів енергії.
- складання енергетичних балансів по видах енергії.
- установлення залежностей витрат енергії від змінних факторів.
- розробка енергоефективних заходів.

Енергоаудит дозволяє визначити реально досяжні оптимальні рівні енергоспоживання при існуючій техніці й технології.

Енергоаудит надає цінну інформацію для прийняття ефективних управлінських рішень щодо зниження енерговитрат підприємства.

#### **4.4 Планування впровадження заходів з енергоефективності, запропонованих в розділах 2 та 3**

Заходи можуть розроблятися як самими енергоменеджерами підприємства, так і із залученням фахівців сторонніх організацій. Після ухвалення рішення про впровадження енергоефективних заходів готується бізнес-план для керівництва підприємства або інвестора. Бізнес-план повинен також містити розгорнутий економічний аналіз вигоди пропонованого заходу із вказівкою показників внутрішньої норми рентабельності IRR і дисконтованого доходу NPV.

Після рішення всіх питань із технікою й економікою необхідно виконати правильну закупівлю встаткування не тільки за ціновими показниками, хоча й це немаловажне, але й за якістю з урахуванням можливих експлуатаційних і ремонтних витрат у процесі експлуатації. Потім слід вибрати виконавців, оцінивши попередній досвід їх роботи на інших об'єктах, відгуки й перевірку на місцях результатів роботи.

На даному етапі складаються сіткові графіки впровадження проекту, укладають контракти з виконавцями й проводяться роботи з монтажу, пуску й налагодженню енергоефективного встаткування. Передачею в постійну експлуатацію нового обладнання, або технології, цикл енергетичного менеджменту замикається.

##### **Впровадження енергетичного менеджменту**

За даними підприємства витрати енергетичних ресурсів для забезпечення потреб опалення споживачів у 2020 році склали:

- електроенергії - 213152,61 кВт·год
- природного газу - 788,091 тис м<sup>3</sup>.

Впровадження енергетичного менеджменту дозволяє досягти економії витрат на паливо близько 5%.

Річна економія електроенергії складе:

$$E_{\text{ел}} = 231,152 \cdot 0,05 = 11,55 \text{ тис кВт} \cdot \text{год}$$

$$E_{\text{г}} = 788,091 \cdot 0,05 = 39,4 \text{ тис м}^3$$

Річна економія витрат

Тариф за споживання природного газу від ТОВ "Запоріжгаз збут" складає 7,99 за 1м<sup>3</sup> та за постачання від ПАТ "Запоріжгаз" 1,1 за 1м<sup>3</sup> Ціна за електроенергію для непобутового споживача в розмірі 2,61 грн/Квт год.

Економія витрат на газ складе:

$$E_{\text{г}} = 39,4 \cdot 9090 = 358,18 \text{ тис. грн}$$

Економія витрат на електроенергію складе:

$$E_{\text{е}} = 11,55 \cdot 2610 = 30,145 \text{ тис. грн}$$

Загальна економія складе:

$$E_{\text{з}} = 358,18 + 30,145 = 388,33 \text{ тис. грн}$$

Приблизний інвестиційний кошторис на впровадження системи енергетичного менеджменту складе близько 194 тис. грн.

Проста окупності складе:

$$T_{\text{ок}} = \frac{388,33}{194,16} = \text{близько } 0,5 \text{ року}$$

Запропоновані заходи з енергозбереження для котельної вказані у таблиці 4.3 та 4.4

Таблиця 4.3 – Заходи з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії

ЗЕЗ	Заощаджена енергії, Гкал	Вартість заощаджень грн.	Термін окупності, років
Утеплення стін	103,2	177457,56	0,4
Заміна вікон	16,7	28716,49	2,82
Заміна дверей	1,33	2287	21,85
Утеплення даху	14,138	24312	1,99
Всього	135,368	232773,05	

Таблиця 4.4 – Заходи з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії

ЗЕЗ	Заощаджена енергії, кВт·год	Вартість заощаджень грн.	Термін окупності, років
Заміна освітлення котельної зали	7254,492	18934,2	0,017
Заміна зовнішнього освітлення	1060,09	2766,8	0,531
Сутінкове реле	265,928	694	1,15
Встановлення датчиків руху	213,88	558,23	1,79
Заміна двигунів мережевих насосів	41932,8	109444,6	0,275
Всього	50727,19	132397,83	

Пд час планування енергоефективних заходів необхідно визначати їх термін окупності та вживати їх поступово, починаючи з короткострокових, терміном окупності до одного року. Для котельні буде економічно доцільно впровадити захід по заміні двигунів насосів через їх недовантаженість, провести заміну освітлення та утеплення стін. Після цього слід переходити до середньострокових. Їх термін визначається терміном окупності від 1 до 3 років – встановлення сутінкового реле, датчиків руху та провести заміну вікон на більш сучасні та утеплення даху для зменшення втрат теплової енергії. Наступним кроком буде впровадження довгострокових заходів термін окупності яких складає більше трьох років.

#### Висновки до розділу 4

Можно вживати різних технічних заходів, але без чіткої енергетичної політики ці заходи не будуть такими ефективними. Тому необхідно запровадити системи енергетичного менеджменту для аналізу споживання енергії та зниження витрат на закупівлю ресурсів.

Навчання персоналу необхідне тому, що це одно з важливих складових енергетичного менеджменту. За допомогою обліку енергоресурсів енергоменеджери підприємства зможуть здійснювати оперативний контроль витрат енергоресурсів і їх параметри. Чим вищим буде рівень організації обліку ПЕР, тим краще буде якість роботи з керування витратами енергоресурсів.

Аналіз енергоспоживання дозволить енергоменеджерам підприємства використовувати певні методики для обробки й аналізу даних про енергоспоживання. Після аналізу енергоменеджери розробляють та впроваджують заходи пов'язані з підтримкою оптимального рівня витрат ПЕР.

Впровадження системи енергетичного менеджменту та технічних заходів на котельні дозволить заощадити значну кількість електроенергії та знизити витрати на природний газ.



## 5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

### 5.1 Загальна характеристика

Горяча вода використовується для потреб населення, а ціна з централізованого горячого водопостачання або з електричних бойлерів дуже висока. Тому в наш час потрібно звернути увагу на використання альтернативних джерел енергії, одним з видів є сонячна енергія, яка використовується в геліоколекторах. Розвитку сонячних систем теплопостачання найперше залежить від рівня сонячного випромінювання та кількості сонячних днів в регіоні.

Клімат близький до помірного, із тривалим сухим, спекотним, з великою кількістю сонячних днів літом, і короткою, малосніжною, м'якою, з частими відлигами зимою. За кількістю атмосферних опадів місто Бердянськ входить до зони з недостатнім зволоженням. Число сонячних днів на рік становить у середньому 160 днів. Рівень максимальної інсоляції сягає близько 1400 кВт·год/м<sup>2</sup> залежно від регіону як вказано на рисунку 5.1. Залежність рівня інсоляції вказано на рисунку 5.2. Тому пропонується встановити геліоколектор для потреб персоналу у котельні міста Бердянськ.

Бердянськ знаходиться в межах помірного поясу, на 46° пн.ш (46° 45.35' пн. ш. 36° 47.04' сх. д.)

Оптимальний кут нахилу=(географічна широта)\*0,76+3,1

Для м. Бердянськ географічна широта - 46°

Оптимальний кут нахилу = 46\*0,76+3,1=38,06°

					НТУУ 001.7103.065 ПЗ			
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Богойко І.І.			Оцінка можливостей застосування вторинних та відновлювальних джерел енергії на об'єкті	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Чернявський А.В.					71	97
Реценз.						ІЕЕ, гр. ОН-71		
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.						
Затвер.								

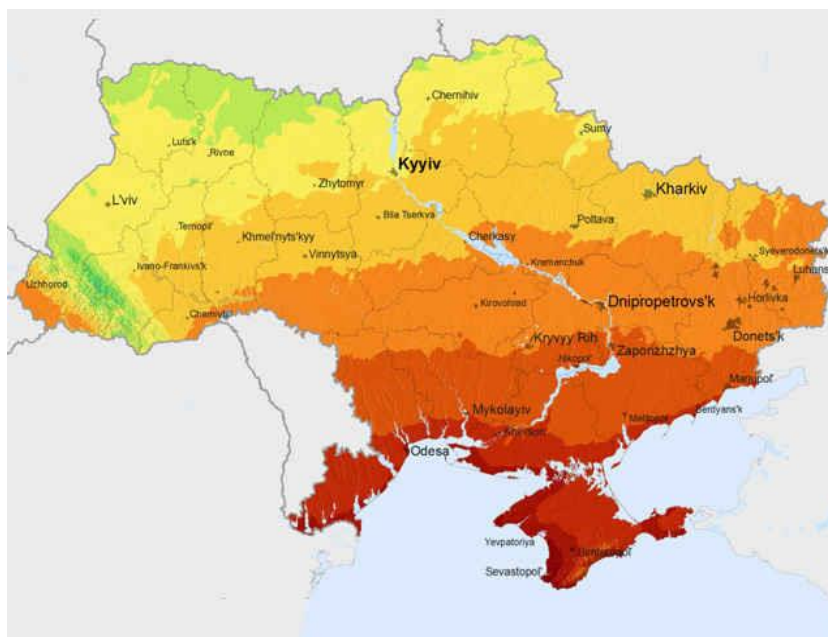


Рисунок 5.1 – Карта середніх річних показників сонячного випромінювання в Україні

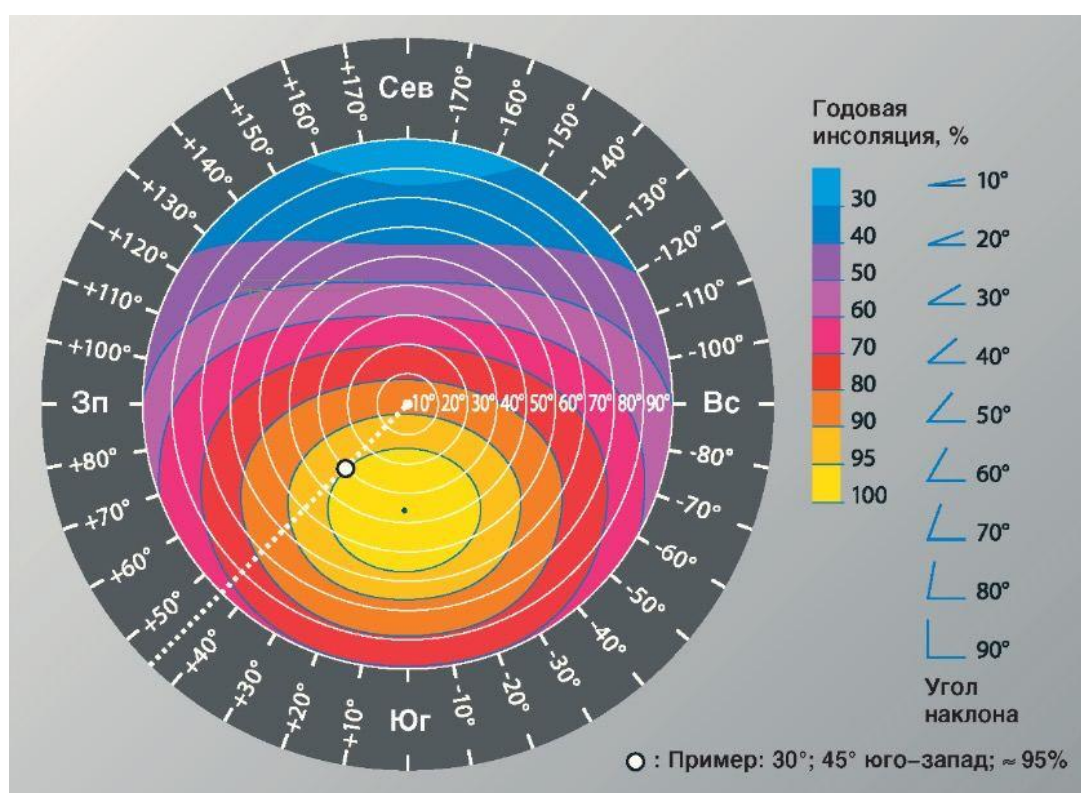


Рисунок 5.2 – Залежність рівня інсоляції від широти та рівня інсуляції

Згідно [16] для порахованого куту нахилу 38,06 , Південної орієнтації маємо такий рівень сонячної інсоляції як вказано на рисунках 5.3 та 5.4:

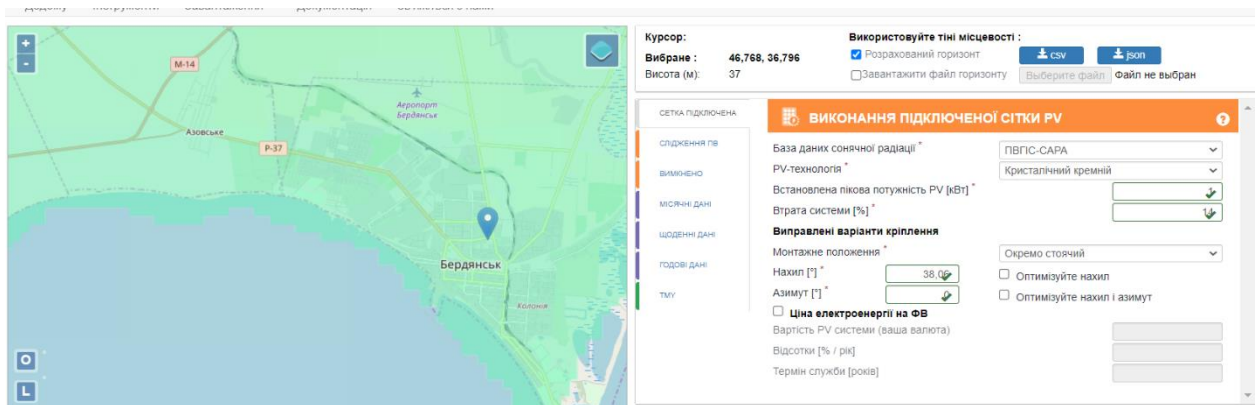


Рисунок 5.3 – Введення даних



Рисунок 5.4 – Рівень сонячної інсоляції

### 5.3 Тероретичний опис геліоколектора

Геліоколектор – це система, яка поглинає сонячну енергію і завдяки цьому нагріває теплоносії, наприклад, воду. Простота принципу роботи геліоколектора обумовлює простоту його елементів. Колектор складається з:

- 1) Плити-абсорбера, тобто матеріалу, який поглинає енергію;
- 2) Теплопровідної системи, в якій розміщується теплоносії;
- 3) Бака.

З огляду на такий елементарний набір елементів для працездатності геліоколектора, не складно здогадатися, що його ціна нижча, ніж, наприклад, електростанції.

Переваги геліоколектора:

- незалежність від централізованих постачальників тепла;
- менші витрати на оплату опалення або гарячої води;

- відсутність шкоди для природи;
- відсутність необхідності спеціального обслуговування;
- довговічність.

Недоліки геліоколектора:

- залежність від погоди;
- сезонність показників виробітку;
- висока початкова вартість проекту;
- можливі складнощі з установкою габаритних систем.

#### 5.4 Розрахунок навантаження на гаряче водопостачання

Згідно [17], таблиця А.2, питома витрата гарячої води на душові в побутових приміщеннях промислових підприємств на 10 осіб складає  $Q_h^t = 270$  л/добу. Звідси витрата води на добу даної будівлі становить:

$$Q^t = 270 \text{ л/добу,}$$

Згідно комерційної пропозиції “Atmosfera” обираємо геліоколектор СПК-2м2, продуктивністю 300 л/добу у кількості 1 шт[30]

Питома потужність (для січня) складає:

$$P_{\text{пит}} = \frac{P}{S} = \frac{4}{4,4} * 31 = 28,181 (\text{кВт} / \text{м}^2)$$

де,  $P$  – сумарна продуктивність за січень;

$S$  – монтажна площа на похилу поверхню.

$n$  – кількість днів у січні.

$$40,98 > 28,181$$

Отже колектори відповідають умовам припустимої сонячної інсуляції.

Додаткову перевірку обраної геліоколекторної системи здійснюємо порівнянням розрахункового довантаження на ГВП на об'єкті та у паспорті обраної системи:

$$A = C \cdot m \cdot \Delta t = \frac{1,1676 \cdot 270 \cdot 365 \cdot 45}{1000} = 5178,014 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік})$$

$$A_{\Gamma} = A_c = 1 * 3488 = 3488 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік})$$

$$A_r < A$$

Потрібно взяти геліоколектор продуктивністю 150л/добу у кількості 3шт:

$$A_r = A_c = 3 \cdot 1744 = 5232 (\text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік})$$

Площа необхідна на встановлення колекторів:

$$S = 3 \cdot 2,2 = 6,6 (\text{м}^2)$$

Розрахуємо відстань між рядами колекторів використовуючи формулу:

$$z = \frac{\sin(180^\circ - (\alpha + \beta))}{\sin \beta} h \quad (5.1)$$

де  $z$  – відстань між рядами колекторів;

$h$  – висота колекторів;

$\alpha$  – кут нахилу колекторів;

$\beta$  – кут висоти Сонця над горизонтом.

$$\beta = 90 - \text{широта} - 23,5 = 90 - 46 - 23,5 = 20,5^\circ$$

$$z = \frac{\sin(180 - (38,06 + 20,5))}{\sin(20,5)} \cdot 1,8 = 4,385 \text{ м}$$

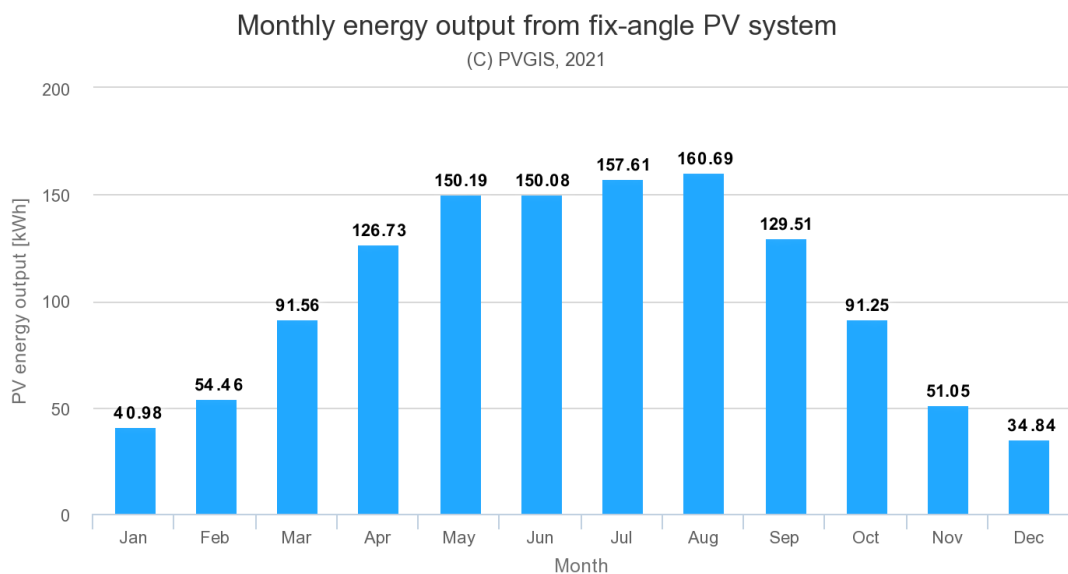


Рисунок 5.5 – Рівень онячної інсуляції

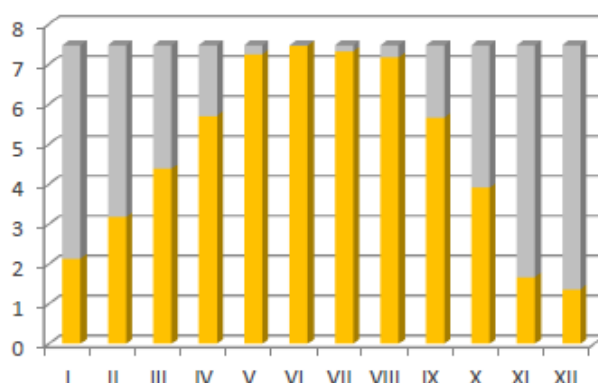


Рисунок 5.6 – Потужність сонячного колектора

На рисунку 5.5 зображено рівень сонячної інсоляції – кількість сонячної енергії яку можна перетворити в теплову. На рисунку 5.6 – зображено питому потужність сонячного колектора – кількість енергії, яка йде на гаряче водопостачання. Порівнюючи ці графіки видно, що дана установка відповідає умовам інсоляції.

### 5.5 Технічні характеристики та опис обраного геліоколектора

Згідно комерційної пропозиції “Atmosfera”, ми обрали геліоколектор продуктивністю 150 л/добу у кількості 3 шт. [18]

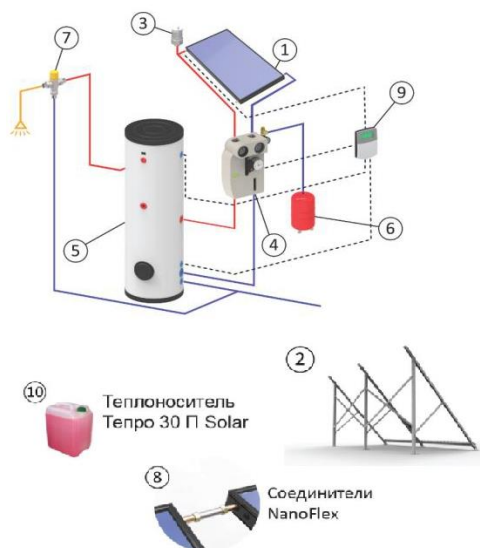


Рисунок 5.7 - Схемо геліосистеми “Atmosfera”

1 – Плоский сонячний колектор СПК-2м2; 2 – Кріплення на похилий дах для 2-х колекторів; 3 – Автоматичне відведення повітря + кран; 4 – Насосна група 3/4" 2-12 l/min Grundfos Solar 15-65 ; 5 – Бак накопичувальний ATMOSFERA (Україна) 500л., 2т/о; 6 – Бак розширювальний СР 35л 3/4" на

ніжках; 7 – З'єднувач NanoFlex DN16 100mm; 8 – Контролер для сонячних систем СК91; 9 – Рідина для геліосистем ТЕПРО-30П Солар; 10 – Трубопровід гофрований Nanoflex DN16; 11 – Хрестовина 3/4 "з гільзою для датчика.

Для покриття навантаження на гаряче водопостачання, необхідно встановити на даху 6 плоских сонячних колекторів СПК-2м2, до них підключений 3 баки накопичувальні ATMOSFERA (Польща) 200 л, 3 насосні групи, 3/4" 2-12 l/min Grundfos Solar 15-65, 6 автоматичних спускників повітря, 3 розширювальні баки СР 12 л 3/4" на ніжках, трубопровід гофрований Nanoflex DN16. Всі елементи встановлюються на монтажні кріплення для похилого даху. Функціонування схеми забезпечується контролером СК91. Необхідний також теплоносій ТЕПРО-30П Солар. Площа необхідна до встановлення 6,6 м<sup>2</sup>

## 5.6 Розрахунок економічних показників реалізації заходу

Згідно комерційної пропозиції (додаток Б), капітальні витрати складаються з:

1. Вартість основного обладнання системи в доларах:

$$USD = 3 \cdot 1823 = 5469\$$$

Вартість основного обладнання в гривнях (на 23.03.2021):

$$UAH = 5469 \cdot 27,04 = 147881,8(\text{грн})$$

2. Додаткові матеріали 5-15% від вартості основного обладнання.

3. Монтажні роботи 15-25% від вартості основного обладнання.

Якщо врахувати витрати на додаткові матеріали і монтажні роботи, то капітальні витрати становлять:  $147881,8 + 10351,7 + 26618,72 = 184852,3$  грн

Згідно сайту [20] облікова ставка Національного банку становить 6,5%. Згідно сайту [21] тариф на гаряче водопостачання в Бердянську становить 80,74 грн/м<sup>3</sup>. Згідно сайту [22] тариф на водопостачання та водовідведення в Одеській області становить 46,4 грн/м<sup>3</sup>. Експлуатаційні витрати приймаємо 0,1% від капітальних, інфляцію рівну 10%, термін експлуатації 20 років. Розрахунок геліоколекторної системи наведений в таблиці 5.1



Таблиця 5.1 – Розрахунок терміну окупності геліоколектору

FINANCIAL CALCULATION					
CAPEX, грн.	184852,3	тариф. ГВП,грн		80,74	
OPEX, грн.	184,85	тариф. ВП та ВВ,грн		46,4	
R дисконт	7,50%	к-сть води, л/добу		270	
CASH FLOW STRUCTURE BY YEARS					
YEAR	CAPEX	OPEX	SAVING	TOTEX	DTOTEX
0	184 852,30	0	0	-184852,3	-184852,30
1	0	184,85	3384,21	3199,35	2976,14
2	0	184,85	3384,21	3199,35	2768,51
3	0	184,85	3384,21	3199,35	2575,35
4	0	184,85	3384,21	3199,35	2395,68
5	0	184,85	3384,21	3199,35	2228,54
6	0	184,85	3384,21	3199,35	2073,06
7	0	184,85	3384,21	3199,35	1928,43
8	0	184,85	3384,21	3199,35	1793,89
9	0	184,85	3384,21	3199,35	1668,73
10	0	184,85	3384,21	3199,35	1552,31
11	0	184,85	3384,21	3199,35	1444,01
12	0	184,85	3384,21	3199,35	1343,26
13	0	184,85	3384,21	3199,35	1249,55
14	0	184,85	3384,21	3199,35	1162,37
15	0	184,85	3384,21	3199,35	1081,27
16	0	184,85	3384,21	3199,35	1005,84
17	0	184,85	3384,21	3199,35	935,66
18	0	184,85	3384,21	3199,35	870,38
19	0	184,85	3384,21	3199,35	809,66
20	0	184,85	3384,21	3199,35	753,17
RESULT					
терм. окуп.	років	місяців	днів	IRR	NPV
	Проект	не	окупається	-	-152237

### Висновок до розділу 5

Ціна за гарячу воду для потреб населення з централізованого гарячого водопостачання або з електричних бойлерів дуже висока. Тому було запропоновано впровадити геліоколекторну систему, за допомогою якої можливо б було заощадити витрати на гарячу воду для власних потреб. Був проведений розрахунок економічної доцільності впровадження геліоколектору Після розрахунку було визначено, що для котельні не є вигідним встановлення геліоколектору і має великий термін окупності із за собівартості системи.



## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ НАСОСІВ

### 6.1 Загальна характеристика об'єкта

Об'єкт виконує функцію постачання теплової енергії різним групам споживачів. Два насоси К 100-65-200а знаходяться у насосній. У зв'язку з недостатнім завантаженням двигунів мережевих насосів (потужність двигуна 22 кВт), коефіцієнт завантаження менший за 0,6, а також з значним технічним зношенням потрібно провести заміну на нові двигуни (потужність двигуна 15 кВт), внаслідок чого очікується зменшення величини втрат електроенергії за рахунок підвищення завантаження обладнання (таблиці 6.1 та 6.2).

Річне споживання електричної енергії двигунів мережевих насосів К 100-65-200а визначається за виразом:

$$W_p = N_{\text{дв}} \cdot P_{\text{н.дв}} \cdot \kappa_{\text{в}} \cdot t, \quad (6.1)$$

де  $N_{\text{дв}}$  - кількість двигунів, шт.;

$P_{\text{н.дв}}$  - номінальна потужність одного двигуна, кВт;

$\kappa_{\text{в}}$  - коефіцієнт використання;

$t$  - тривалість роботи двигуна за рік, год.

Тоді річне споживання електричної енергії двигунів мережевих насосів К 100-65-200а до заміни двигунів складає:

$$W_p^{\text{ст.дв}} = 2 \cdot 22 \cdot 0,65 \cdot 24 \cdot 192 = 131788,8 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

Річне споживання електричної енергії двигунів мережевих насосів К 100-65-200а після заміни двигунів складає:

$$W_p^{\text{нов.дв}} = 2 \cdot 15 \cdot 0,65 \cdot 24 \cdot 192 = 89856,0 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік}.$$

					НТУУ 001.7103.065 ПЗ			
Вим	Арк..	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Богойко І.І.			Охорона праці	Літ	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Чернявський А.В.					79	97
Реценз.						ІЕЕ, гр. ОН-71		
Н. Контр.		Прокопенко І.Д.						
Затвер.								

Величина річної економії електричної енергії в наслідок заміни двигунів визначається за виразом:

$$\Delta W_p = W_p^{ст.дв} - W_p^{нов.дв}. \quad (6.2)$$

Тоді

$$\Delta W_p = 131788,8 - 89856,0 = 41932,8 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}.$$

Таблиця 6.1 – Загальна характеристика підрозділу

Найменування ЕУ або ТЕУ	Вид розміщення	Розміщення робочого місця	Категорія електроприміщення	Категорія з пожежної безпеки
1	2	3	4	5
Насос К 100-65-200а	Внутрішня ЕУ	Окреме приміщення на поверхні землі, (600x320x580) мм	<i>приміщення з підвищеною небезпекою</i>	Клас В-Па.

Таблиця 6.2 – Технічні характеристики

Найменування ЕУ і марка	Основні характеристики	Числове значення показника
Мережевий насос К 100-65-200а	Подача	90 м³ / год
	Напір	40 м
	Потужність двигуна	22 кВт
	Частота обертання	2900 об/хв
	Маса	90 кг
	Маса агрегату	306 кг
	Потужність насоса	18,9 кВт
Старий двигун AIP180S4	Потужність	22 кВт
	Частота обертання	1500 об/хв
	Номінальний струм	43,2 А
	ККД	90,5%
	Рівень шуму	До 76 дБ
	Вага	165 кг
	Напруга живлення	380/660 вольт
Новий двигун AIP160S4	Потужність	15 кВт
	Частота обертання	1500 об/хв
	Номінальний струм	30 А
	ККД	89,4%
	Рівень шуму	До 75 дБ
	Вага	134 кг
	Напруга живлення	380/660 вольт

## 6.2 Визначення обсягів і послідовність робіт у ході модернізації об'єкту

Визначимо відповідальних осіб які відповідають за закупівлю нового обладнання та його обслуговування та контроль стану обладнання:

1. Начальник котельні
2. Сервісний інженер котельного обладнання
3. Слюсар по експлуатації та ремонту
4. Прибиральник виробничих і службових приміщень

Орієнтований план виконання заміни двигунів:

- 1) Збір персоналу який буде виконувати заміну двигуна
- 2) Закупівля обладнання
- 3) Підписання необхідних договорів
- 4) Виконання монтажних та інших робіт по установці двигунів
- 5) Проведення пусконаладжувальних робіт

Остаточні перевірки і запуск системи

Модернізацію обладнання має проводити персонал з відповідною кваліфікацією. Для роботи з ЕУ напругою до 1000 В працівники повинні мати III кваліфікаційну групу з електробезпеки. Робота виконується протягом декількох днів бажано в теплий період, зі зняттям напруги. Вантажні та розвантажувальні роботи виконуються за допомогою спеціальної техніки (таблиця 6.3)

Таблиця 6.3 – Виконання робіт по модернізації обладнання

Вид робіт	Спосіб доставки і розгрузки	Період виконання робіт і тривалість	Кількісний склад бригади	Група з електробезпеки
1	2	3	4	5
Монтаж та інші роботи по установці двигунів	Транспортування, механічна	Теплий період (бажано літній), від 1 до 3 днів	Від 3 до 5 осіб	Не менше ніж III

### 6.3 Визначення показників умов праці

Визначимо чинники умов праці які впливають на бригаду електротехнічних працівників та зведемо у таблицю 6.4.

Таблиця 6.4 – Чинники умов праці

Найменування чинника	Основні характеристики	Фактичні числові значення показника	Визначення допустимості або шкідливості показників
1	2	3	4
Параметри мікроклімату у приміщенні	Температура повітря Вологість	t=20 оС W=60 %	Допустимі[22]
Важкість праці	Переміщення вантажів Робоче положення  Статичні та динамічні навантаження	До 15 кг «стоячи», «стоячи зігнувшись» Періодичні, до 55 Вт,	Шкідливі
Напруженість праці	Тривалість зосередженого спостереження Тривалість активних дій Змінність Напруженість органів чуття: зір	60 % робочого часу  80 % робочого часу 1 зміна, 8 годин 20 % робочого час	Допустимі
Чинники електричного походження	Напруга прямого дотику Напруга непрямого дотику	220/380 В  50 В	Удоп= 36 В Небезпечний
	Струм	43,2 А	Ідоп=0,6 мА Небезпечний
Чинники неелектричного походження	Шум	76 дБА	Лдоп=85 дБА Допустимі

## 6.4 Визначення небезпек для працівника

Сформувавши порядок виконання роботи та визначивши чинники умов праці проведемо аналіз небезпек, адже необхідно знати та вміти виявляти джерела небезпеки (таблиця 6.5).

Таблиця 6.5 – Перелік небезпек та ризиків професійних чинників

Категорія небезпек	Найменування небезпеки	Рівень ймовірності нещасного випадку	Оцінка рівня ризику	Група ризику
1	2	3	4	5
Фізичні	Механічне ушкодження	Малоймовірний	Низький	IV
	Електричного походження	Імовірний	Катастрофічний	I
	Незручне положення	Рідкий	Значний	III
Хімічні	відсутні			
Рідина	відсутні			

## 6.5 Вибір технічних засобів і заходів безпеки робіт

Технічні засоби безпеки – найефективніші. Вони знижують вплив можливих чинників на працівника, забезпечують безпечну роботу піз час роботи з електроустановками або їх модернізації (таблиця 6.6).

Таблиця 6.6 – Технічні та організаційні заходи

Вид заходу	Найменування заходу	Опис, показники і характеристики
Технічні заходи		
Ізоляція	струмовідних частин	полівінілхлорид.
Огороджувальний засіб	Огорожа ЕУ	Запобігання ураження працівника
Знак безпеки	Трикутник	На усіх ЕУ
Від непрямого дотику		
Захисне автоматичне вимикання	Електродвигун насосу	Під час появи напруги непрямого дотику на корпусі
Організаційні заходи з електробезпеки		
Техніка безпеки	Роботи без напруги	Проведення цільового інструктажу з техніки безпеки
Виконання робіт в ЕУ	Наряд-допуск	НПАОП 40.1-1.01.-97
ЗІЗ	Забезпечення ЗІЗ	Закупівля та перевірка стану ЗІЗ

Автоматичні вимикачі призначені для вмикання і вимикання асинхронних електродвигунів та інших приймачів електроенергії, а також для захисту їх від струмів перевантаження і КЗ. Автомати поєднують в собі функцію рубильника, запобіжника. Забезпечують одночасне відключення усіх трьох фаз у разі виникнення аварійних ситуацій. Важливою складовою частиною автомата є розчіплювач, який контролює заданий параметр мережі.

Працівники, які здійснюють технічну експлуатацію насосних установок, забезпечуються спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту [26] відповідно до Норм безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту. Засоби індивідуального захисту слід перевіряти на цілісність. Забороняється використовувати засоби, які мають явні дефекти (таблиця 6.7).

Таблиця 6.7 – Засоби індивідуального захисту

Вид ЗІЗ	Призначення	Модель. Матеріал.	Гарантований термін використання	Нормативні документи
Захисний одяг	Захист від механічних впливів	Напівкомбінезон робочий Standart	1 рік	ДСТУ 7239:2011
Захисне взуття	Захист від механічних ушкоджень	Черевики робочі.	1 рік	ДСТУ 3835-98
Захист рук	Захист від механічних ушкоджень та для роботи з ЕУ	Рукавички, поліестер з бавовною. Рукавички гумові	6 робочих змін	ДСТУ EN 420:2017
Захист голови	Захист від електричного струму	Каска від механічного впливу. Полікарбонат.	2 роки	ДСТУ EN 812:2018
Захист очей	Захист від виробничих забруднень	Окуляри захисні REIS GOG-Frameb TB. Полікарбонат.	2 роки	ДСТУ EN 174:2007
Захист органів слуху	Зниження рівня шуму на 10 дБА	Навушники СОМЗ-3 ПУМА. Поліуретан.	12 місяців	ДСТУ EN 352-5:2005

Заходи щодо запобігання аваріям під час експлуатації насосів та ліквідації їх наслідків:

На підприємстві повинен бути план локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій відповідно до Положення щодо розробки планів локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій, затвердженого наказом Комітету по нагляду за охороною праці України Міністерства праці та соціальної політики України від 17.06.99

Працівники, задіяні в експлуатації насосів, при виникненні аварійної ситуації або аварії повинні діяти згідно з розробленим на підприємстві планом локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій.

У разі виникнення аварійної ситуації при експлуатації насосного агрегату слід: припинити роботу; вжити заходів щодо попередження загрози життю та здоров'ю оточуючих; залишити небезпечну зону і сповістити про випадок керівництво та, за необхідності, відповідні служби, формування; не дозволяти стороннім особам перебувати в небезпечній зоні; вжити заходів щодо ліквідації аварійної ситуації, якщо це можливо.

Весь виробничий персонал, задіяний в експлуатації насосних агрегатів, повинен бути навчений практичним способом вивільнення людини, яка потрапила під дію електричного струму, надання долікарської допомоги потерпілому при враженні електричним струмом та інших нещасних випадках.

Підготовка до ремонту обертових механізмів (насоси, вентилятори, електродвигуни та інше) повинна виконуватися відповідно до умов проведення робіт, зазначених у наряді-допуску або розпорядженні. При цьому механізм повинен бути зупинений, його запірні арматура (засувки, заслінки, вентилі та інше) встановлена в положення, що забезпечує безпечне виконання робіт.

На однотипних або близьких за габаритом електродвигунах, встановлених поряд з тим, на якому проводять роботи, слід вивісити плакати "СТІЙ! НАПРУГА" незалежно від того, перебувають вони в роботі чи в резерві.

Перед допуском до роботи на електродвигунах, що надають рух насосам, вентиляторам та іншому обладнанню, якщо можливе обертання електродвигунів від з'єднаних з ними механізмів, слід закрити і замкнути на замок засувки і шибери цих механізмів, вивісити плакати "НЕ ВІДКРИВАТИ! ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ", а також вжити заходів щодо гальмування ротора електродвигунів.

### **6.6 Заходи з пожежної безпеки**

Пожежна безпека на об'єкті:

1. Котельні установки мають відповідати протипожежним вимогам стандартів, будівельних норм та інших нормативних актів. Несправні котельні установки експлуатувати не можна.
2. Особа, відповідальна за технічний стан котельних установок, зобов'язана організовувати постійний контроль за правильністю їх утримання та експлуатації, своєчасний і якісний ремонт.
3. Котельні установки мають розміщувати так, щоб їх можна було вільно оглядати та очищати.

У приміщенні котельні заборонено:

- виконувати роботи, які не пов'язані з експлуатацією котельних установок;
- допускати до роботи в котельні сторонніх осіб, а також осіб, які не пройшли спеціальної підготовки;
- подавати паливо при згаслих форсунках;
- працювати при зіпсованих або вимкнених приладах контролю й регулювання, а також за їх відсутності;
- залишати без нагляду котли, що перебувають у роботі;
- зберігати легкозаймисті та інші горючі рідини та матеріали.



Приміщення котелень повинні оснащуватися установками пожежної сигналізації (УПС) та автоматичними установками пожежогасіння (АУП), відповідно до вимог чинних нормативних документів. Усі установки мають бути справними, утримуватися в працездатному стані і мати сертифікат відповідності. У разі виявлення пожежі або її ознак ( задимлення, запах горіння або тління різних матеріалів тощо), кожен працівник зобов'язаний:

- оцінити обстановку і негайно повідомити про це найближчий пожежнорятувальний підрозділ. При цьому необхідно назвати: адресу об'єкта, вказати кількість поверхів будівлі, місце виникнення пожежі;
- вимкнути з мережі прилади електропостачання;
- задіяти систему оповіщення людей про пожежу; - повідомити про виникнення пожежі відповідальну особу
- вжити заходів до евакуації людей та збереження матеріальних цінностей, розпочати гасіння пожежі наявними первинними засобами пожежогасіння;
- організувати зустріч пожежно-рятувальних підрозділів.

Таблиця 6.8 – Заходи та засоби з пожежної безпеки

Група заходів	Технічні характеристики	Критерії вибору
1	2	3
Технічні		
Вуглекислотний вогнегасник ВП-5:	Пересувний, тривалість дії – 55 с, довжина струмені – близько 5м	У приміщенні, розміщено в коридорах.
Організаційні		
План дій з попередження пожеж і вибухів	План дій з попередження пожеж і ліквідації їх наслідків	Відділ з охорони праці
Встановлення знаків безпеки		ДСТУ ISO 6309:2007

Об'єкт повинен бути забезпечений засобами пожежогасіння згідно з Правилами пожежної безпеки в Україні, затвердженими наказом Міністерства України з питань надзвичайних ситуацій від 19.10.2004 №126. Усі працівники котелень, повинні вміти користуватись наявними

вогнегасниками, іншими первинними засобами пожежогасіння, знати місце їх знаходження.

Ступінь вогнестійкості будівель і споруд характеризується групою займання будівельних матеріалів, з яких виготовлена споруда і вогнестійкості несучих будівельних конструкцій та їхніх частин. Ступінь вогнестійкості I,II. Цегляні конструкції в умовах пожежі витримують високі температури нагрівання. Насосна відноситься до категорії пожежної небезпеки Клас В-Па.

### 6.7 Розрахунок технічного заходу

Розподіл електроенергії по території котельні здійснюється на напрузі 0,4 кВ від РП котельні за радіальною схемою. Від РП через трифазні кабельні лінії (АВВГ 4х6) отримують живлення розподільні пукти (щитові) котельної зали, насосної, слюсарної майстерні, внутрішнього та зовнішнього освітлення, адміністративного корпусу. Розрахунок захисного заземлення електроустановок напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю.

#### 6.7.1 Розрахунок на вимикаючу здатність

Розрахунок полягає у розрахунку струму однофазного короткого замикання і порівняння отриманої величини з значенням номінального струму спрацювання МСЗ. Захисне заземлення - заземлення точки або точок у системі чи в процесі монтажу системи або в обладнанні, з метою забезпечення електробезпеки. Захисне заземлення застосовують у трифазних мережах напругою до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю. Створення для струму КЗ ланки з малим опором для швидкого вимкнення установки від мережі.

Вимкнення відбувається за умови використання автоматичного пристрою, який відмикає струм КЗ.

$$I_{\text{КЗ}} \geq 1,25 I_{\text{авт}}^{\text{ном}} \quad (6.3)$$

де  $I_{\text{авт}}^{\text{ном}}$  - номінальний струм автоматичного пристрою.

Розрахункова формула для визначення  $I_{\text{КЗ}}$  кабельних мереж має вигляд:

$$I_{\text{кз}} = U_{\phi} / (r_{\phi} + r_{\text{PE}} + (r_{\text{TP}} / 3)), \quad (6.4)$$

де  $U_{\phi}$  - фазна напруга, В;

$r_{\phi}$ ,  $r_{\text{PE}}$ ,  $r_{\text{TP}}$  - активний опір фазного проводу, активний опір захисного проводу, активний опір трансформатора.

Знайдемо опір живлячих кабелів:

- Кабель ААШВ-1-3×95+1×50 (довжина 800 м)
- Кабель АВВГ 4х6 (довжина 30 м)

Активний опір фазного і захисного (нульового) провідників, виконаних з кольорових металів, визначають за формулою:

$$r = \sum_{i=1}^n (\rho_i \cdot l_i) / S_i, \quad (6.5)$$

де  $\rho_i$  - питомий опір матеріалу проводів, алюмінію – 0,0028 (Ом·мм<sup>2</sup>)/м;

$l_i$  - довжина ділянки проводу одного матеріалу та одного перерізу;

$S_i$  - площа поперечного перерізу проводу.

$$r_{\phi 1} = 0,0028 \cdot 800 / 95 = 0,0235 \text{ Ом}$$

$$r_{\text{PE}} = 0,0028 \cdot 800 / 50 = 0,0448 \text{ Ом}$$

$$r_{\phi 2} = 0,0028 \cdot 30 / 6 = 0,014 \text{ Ом}$$

Підставимо отримані значення у формулу визначення  $I_{\text{кз}}$ :

$$I_{\text{кз}} = 220 / (2 \cdot 0,003 + 2 \cdot 0,0003 + 2 \cdot 0,0024 + 2 \cdot 0,0013 + (0,0165 / 3)) = 2,225 \text{ кА}$$

Перевірка автоматичного пристрою за формулою (6.3):

$$2,225 \geq 0,5$$

Автоматичний пристрій спрацює після спрацювання струму КЗ

### 6.7.2 Розрахунок напруги на корпусі електроустановки

Без повторного заземлення захисного провідника напруга на корпусі  $U_{\text{к}}$  ЕУ визначається за формулою:

$$U_{\text{к}} = I_{\text{кз}} \cdot Z_{\text{з}} \leq U_{\text{д}}, \quad (6.6)$$

де  $U_d$  - допустима напруга дотику;

$Z_3$  - повний опір захисного проводу:

- для КЛ  $Z_3 = r_3$

Підставимо відповідні значення у формулу (6.6):

$$2225 \cdot 0,014 = 31,15 \leq 50 \text{ В}$$

Отже, умова виконується.

### Висновок до розділу 6

- При проведенні робіт з модернізації двигунів мережевих насосів, з напругою до 1000 В, допускаються працівники, які мають III кваліфікаційну групу з електробезпеки.
- Робота обов'язково повинна проходити зі зняттям напруги для запобігання ураження працівника.
- На працівників діють такі небезпечні фактори:
  - ураження електричним струмом
  - механічні ушкодження під час встановлення і заміни двигунів
  - підвищений шум
- Для запобігання впливу описаних факторів потрібно впроваджувати такі технічні заходи:
  1. Надання персоналу спеціального технічного одягу для безпечного виконання роботи
  2. Зняття напруги під час заміни двигунів
  3. Встановлення відповідних знаків про проведення робіт та попередження робочого персоналу
  4. Контроль виконання роботи відповідальним
- Закупівля якісних ЗІЗ та перевірка на цілісність після використання. Забороняється використовувати ЗІЗ з дефектами

Дотримуючись всіх умов експлуатації електричного обладнання, можна стверджувати, що встановлення нових двигунів в мережевих насосів відповідає стандартам і цей захід можна впроваджувати.

## ВИСНОВКИ

В процесі виконання дипломного проєкту були запропоновані технічні заходи для підвищення енергоефективності районної котельні.

Був проведений розрахунок споживання електричної енергії, визначені суттєві споживачі і складений баланс. Проаналізувавши баланс споживання по підрозділам можна зробити висновок, що суттєвим споживачем є насосне обладнання. Також пропонується провести заміну двигунів мережевих насосів із за їх недозавантаженості, що дасть можливість зменшити витрати на електричну енергію.

Огороджувальні конструкції не відповідають нормам та мають значні тепловтрати. Пропонується провести утеплення стін, так як через них відбуваються найбільші втрати теплоти. Впровадження всіх запропонованих заходів дозволить заощадити 135,368 Гкал за рік. Використання алюмінієвих конструкцій дозволяє зменшити втрати теплоти та мають високі показники шумоізоляції. Ще однією перевагою є пожежобезпечність, що дуже актуально так як котельня працює з пожежонебезпечними речовинами.

При впровадженні технічних заходів потрібно пам'ятати про те, що без чіткої енергетичної політики вони будуть не такими ефективними. Тому пропонується ввести систему енергетичного менеджменту. Проводити навчання персоналу, впроваджувати систему обліку енергоресурсів для їх аналізу.

Було запропоновано впровадження геліоклектора для забезпечення горячою водою персоналу на власні потреби, але із за високої ціни та довгої окупності проєкт не є економічно доцільним.

При проведенні модернізації двигунів потрібно пам'ятати про безпеку персоналу та допускати до електрообладнання працівників лише з відповідною кваліфікацією, Забезпечення персоналу ЗІЗ та дотримання технічних заходів з безпеки дозволить знизити ризик ураження персонал

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енерго збут транс [електронний ресурс].– Режим доступу: <https://enerhozbuttrans.com.ua/postachannya-elektroenergii/taryfy-ta-oplaty/>
2. Про Бердянськ [електронний ресурс].– Режим доступу: <https://pro.berdiansk.biz/skolko-budet-stoit-otoplenie-budushhej-zimoj-v-berdjanske/>
3. Мінфін [електронний ресурс].– Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/tariff/gas/zaporozhe/>
4. НПП «Мегават-М» Котельні установки. [електронний ресурс] .– Режим доступу: <https://cutt.ly/mnYczpX>
5. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель. Вид. офіц. Київ: Державні норми України, 2006. 37 с
6. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 2010. 130 с.
7. ДБН В.1.2-11-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії.
8. ДСТУ Б В.2.6-34:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Класифікація й загальні технічні вимоги.
9. Вікна Корса [електронний ресурс].– Режим доступу: <https://www.korsa.ua/pages/okna-berdyansk.php>
10. КМД – фасадні системи [електронний ресурс].– Режим доступу: <http://kmd.ua/>
11. Victoria-Group [електронний ресурс].– Режим доступу: <https://www.viktoria-group.kiev.ua/alyuminievye-dveri>
12. Eurostrong [електронний ресурс].– Режим доступу: <https://slons.com.ua/ru/products/rockwool-max>
13. Будстандарт [електронний ресурс].– Режим доступу: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=90178](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=90178)
14. Мінфін [електронний ресурс].– Режим доступу: <https://index.minfin.com.ua/tariff/gas/zaporozhe/>

15. Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001:2018 / О. Бориченко, Є. Іншеков, П. Пертко, О. Соловей, А. Чернявський.// Під редакцією Є. Іншекова та А. Чернявського. – UNIDO: Проєкт UNIDO-GEF UKR-IEE, 2021. – 130 с.

16. PVGIS, сонячна інсуляція [електронний ресурс].– Режим доступу: [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html#PVP](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP)

17. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація

18. Atmosfera, каталог сонячних колекторів [електронний ресурс] .– Режим доступу: <https://www.atmosfera.ua/uk/>

19. Національний банк України [електронний ресурс].– Режим доступу: <https://bank.gov.ua/ua/monetary/stages/archive-rish>

20. Банкчарт [електронний ресурс].– Режим доступу: [https://bankchart.com.ua/spravochniki/indikatory\\_rynka/tarify\\_na\\_goryachu\\_vodu/4](https://bankchart.com.ua/spravochniki/indikatory_rynka/tarify_na_goryachu_vodu/4)

21. Бердянськ вода [електронний ресурс].– Режим доступу:<https://vodabrd.com.ua/ru/dejstvujucshij-tarif.html>

22. ДСН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Вид. офіц. Київ: Держстандарт України, 1999. 56 с.

23. Ткачук К.Н., Зацарний В.В., Третьякова Л.Д., Мітюк Л.О. Охорона праці і промислова безпека: навчальний посібник. Київ: Лібра, 2010. 399 с.

24. Третьякова Л.Д. Засоби індивідуального захисту: виготовлення та застосування / Литвиненко Г.Є., Київ: Лібра, 2008. 317 с.

25. ДНАОП 0.00-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Вид. офіц. Київ: Міністерство енергетики, 1998.

26. ПРАКТИЧНИЙ ПОСІБНИК З ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ / А. Чернявський, А. Сафьянц, Н. Усенко, О. Соловей, О. Бориченко, П. Пертко, / За загальною редакцією Н. Усенко та А. Чернявського. – К.: Проєкт «Консультавання підприємств щодо енергоефективності» 2020. – 280 с.

## ДОДАТОК А

ВЫВОД ИТОГОВ								
Регрессионная статистика								
Множественный R	1							
R-квадрат	1							
Нормированный R-квадрат	1							
Стандартная ошибка	2,97233E-15							
Наблюдения	12							
Дисперсионный анализ								
	df	SS	MS	F	Значимость F			
Регрессия	2	59426,74129	29713,37064	3,36324E+33	1,1723E-148			
Остаток	9	7,95128E-29	8,83476E-30					
Итого	11	59426,74129						
	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересечение	-1,85241E-14	4,77747E-15	-3,877390292	0,003746285	-2,93315E-14	-7,71674E-15	-2,93315E-14	-7,71674E-15
Переменная X 1	0,139635148	4,31273E-18	3,23775E+16	1,3022E-145	0,139635148	0,139635148	0,139635148	0,139635148
Переменная X 2	3,66568E-16	2,35192E-16	1,558588091	0,153522858	-1,65474E-16	8,98609E-16	-1,65474E-16	8,98609E-16

Рисунок А1- Результат регресійного аналізу №1

ВЫВОД ИТОГОВ								
Регрессионная статистика								
Множественный R	0,997587569							
R-квадрат	0,995180958							
Нормированный R-квадрат	0,994699053							
Стандартная ошибка	5,351448236							
Наблюдения	12							
Дисперсионный анализ								
	df	SS	MS	F	Значимость F			
Регрессия	1	59140,36131	59140,36131	2065,101088	6,40882E-13			
Остаток	10	286,3799823	28,63799823					
Итого	11	59426,74129						
	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересечение	1,983031998	2,085867919	0,950698738	0,364168777	-2,664571352	6,630635348	-2,664571352	6,630635348
Переменная X 1	0,135418869	0,002979947	45,44338333	6,40882E-13	0,128779133	0,142058604	0,128779133	0,142058604

Рисунок А2 – Результат регресійного аналізу №2



## ДОДАТОК Б

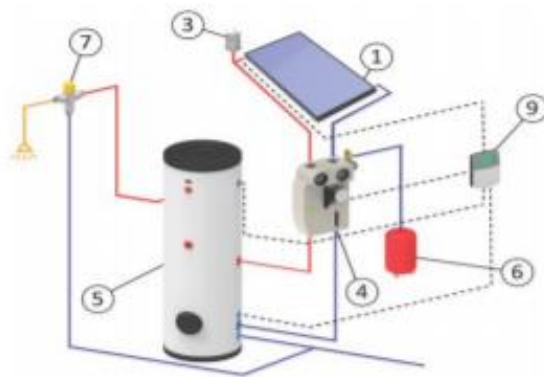
### Коммерческое предложение

**150 л** горячей воды в сутки

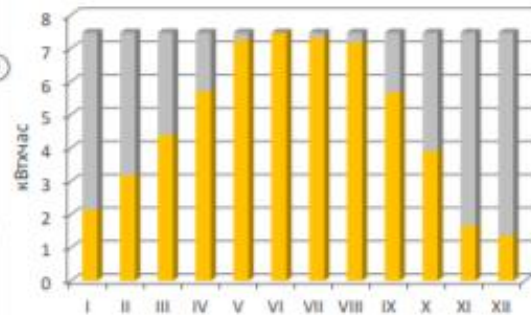
Температура холодного водоснабжения **12 °C**

Требуемая температура горячего водоснабжения **55 °C**

Такая система идеально подойдет для гостиницы, пансионата, АЗС, больницы, спортивного комплекса, промышленного объекта, коттеджа, индивидуальной установки или любого другого объекта с круглогодичным потреблением заданного количества ГВС.



Количество тепла, которая вырабатывает гелиосистема  
4 регион



данные	значение
Год. нагрузка ГВС	2 734 кВт/час
Год. выработка гелиосистемы	1 744 кВт/час
Год. нагрузка гарант.ист.	989 кВт/час
Год. замещение тепла на ГВС	64 %



	Монтажная площадь на наклонную поверхность <b>2,2 м2</b>
--	---

№	Наименование	Ед. изм	Цена, \$	К-во	Сумма, \$
1	Плоский солнечный коллектор СПК-2м2	шт.			
2	Комплект креплений на наклонную кровлю	шт.			
3	Автоматический воздухоотводчик + кран	шт.			
4	Насосная группа, 3/4" 2-12 l/min Grundfos Solar 15-65	шт.			
5	Бан накопительный ATMOSFERA (Польша) 200л., 2т/о	шт.			
6	Бан расширительный CP 12л 3/4"	шт.			
7	Крепление расш. бака 3/4"	шт.			
8	Контроллер для солнечный систем СК91	шт.			
9	Жидкость для гелиосистем ТЕПРО-30П Солар	кг.			
10	Трубопровод гофрированный NanoFlex DN16	м.п			
11	Крестовина 3/4" с гильзой для датчика	шт.			
12					
13					

Стоимость оборудования: **1 823**

Рисунок А1 – Комерційна пропозиція «Atmosfera»