

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

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання

«До захисту допущено»

В.о. завідувач кафедри

_____Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«____» _____ 2023_р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

Спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

на тему: «Підвищення енергоефективності каналізаційної насосної станції МПП

«Кривбасбудтехпостач»

Виконав:

студент IV курсу, групи ОН-91

Войнич Валентин Андрійович

Керівник:

к.т.н., доц. Черкашина Галина Ігорівна

Консультанти:

Теплова частина

(назва розділу)

к.т.н., доц. Шовкалюк М.М.

(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)

к.т.н., доц. Черкашина Г.І.

(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 – 2023 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра електропостачання

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології

«До захисту допущено»

В.о. Завідувач кафедри

_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«__» _____ 2023 __р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Войничу Валентину Андрійовичу

1. Тема проєкту «Підвищення енергоефективності каналізаційної насосної станції МПП «Кривбасбудтехпостач», керівник проєкту к.т.н., доцент Черкашина Галина Ігорівна, затверджені наказом по університету від «31» травня 2023 р. №2097-с

2. Термін здачі студентом закінченого проєкту “16” червня 2023 р.

3. Вихідні дані до проєкту: схема електропостачання, перелік споживачів та їх технічні характеристики, споживання ПЕР за останні три роки, креслення будівлі.

4. Перелік розділів, які мають бути розроблені:

1. Загальний опис об'єкту;
2. Аналіз ефективності використання електричної енергії на об'єкті;
3. Аналіз використання палива та теплової енергії на об'єкті;
4. Система енергетичного менеджменту об'єкту;
5. Оцінка можливостей застосування вторинних та відновлювальних джерел енергії на об'єкті;
6. Охорона праці та пожежна безпека під час монтажу установки компенсації

реактивної потужності.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Загальний опис об'єкту;
2. Схема електропостачання та баланс споживання електричної енергії;
3. Заходи з енергоефективності в електроенергії;
4. Теплоефективні заходи.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ (частина)	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Теплова частина	к.т.н., доц. Шовкалюк М.М.		
Охорона праці та пожежна безпека	д.т.н., проф. Третьякова Л.Д.		
Нормоконтроль	к.т.н., доц. Черкашина Г.І.		

7. Дата видачі завдання “22” травня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

виконання дипломного проєкту

студентом Войнич В.А.

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту	Позначки керівника про виконання завдань
1	Загальний опис об'єкту	22.05.-25.05.23	
2	Аналіз ефективності використання електричної енергії на об'єкті	26.05.-28.05.23	
3	Аналіз використання палива та теплової енергії на об'єкті	29.05.-31.05.23	
4	Система енергетичного менеджменту об'єкту	01.06.-03.06.23	
5	Оцінка можливостей застосування вторинних та відновлювальних джерел енергії на об'єкті	04.06.-06.06.23	
6	Охорона праці та пожежна безпека під час монтажу установки компенсації реактивної потужності	07.06.-09.06.23	
7	Підготовка графічного матеріалу	10.06.-13.06.23	
8	Захист дисертації	23.06.23	

Студент

В.А. Войнич

Керівник

Г.І. Черкашина

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проекту складається з 6 розділів, пояснювальна записка містить 81 сторінку основного тексту. В основному тексті роботи наведено 30 ілюстрацій, 27 таблиць та 21 бібліографічне найменування за переліком посилань.

Метою досліджень є аналіз можливостей підвищення енергоефективності каналізаційної насосної станції МПП «Кривбасбудтехпостач», розроблення заходів з енергоефективності за допомогою техніко-економічного розрахунку та комп'ютерного моделювання. Для вирішення поставлених цілей буде досліджено такі інженерні системи, як система електропостачання, система освітлення, водопостачання та каналізації, системи, пов'язані з виробничою діяльністю.

Ключові слова: АСИНХРОННИЙ ДВИГУН, КАНАЛІЗАЦІЙНА НАСОСНА СТАНЦІЯ, НАСОС, ОГОРОДЖУВАЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ, ОСВІТЛЕННЯ, РОЗПОДІЛЬНИЙ ПУНКТ.

ABSTRACT

The explanatory note to the diploma project consists of 6 chapters, the explanatory note contains 81 pages of the main text. In the main text of the work, 30 illustrations, 27 tables and 21 bibliographic titles are given in the list of references.

The purpose of the research is to analyze the possibilities of increasing the energy efficiency of the sewage pumping station of the "Kryvbasbudtechpostach" MPP, to develop energy efficiency measures using technical and economic calculations and computer modeling. To solve the set goals, such engineering systems as the power supply system, lighting system, water supply and sewage system, and systems related to production activities will be investigated.

Keywords: ASYNCHRONOUS MOTOR, DISTRIBUTION POINT, ENCLOSING STRUCTURES, LIGHTING, PUMP, SEWAGE PUMPING STATION.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАК ТА ТЕРМІНІВ

Скорочення

КНС – каналізаційна насосна станція;

ГПП – головна понижувальна підстанція;

АВ – автоматичний вимикач;

РП – розподільчий пункт;

ТП – трансформаторна підстанція;

АД – асинхронний двигун;

ОК – огорожувальні конструкції;

СК – світлопрозорі конструкції;

ЩО – щит освітлення;

LED – світлодіодні лампи.

Умовні позначки

$t_{\text{вн}}$ – внутрішня температура;

δ – товщина;

$t_{\text{р.о.}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення;

λ – коефіцієнт теплопровідності;

R – опір теплопередачі;

F, S – площа.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ	10
1.1 Короткий опис об'єкту	10
1.2 Короткий опис інженерних мереж	11
1.3 Аналіз динаміки виробничої діяльності за останні три роки	17
1.4 Аналіз динаміки споживання пер за останні три роки.....	18
1.5 Оцінка тарифної політики щодо покупних пер	20
1.6 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності.....	21
Висновок до розділу 1	22
2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....	23
2.1 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності суттєвих споживачів електричної енергії.....	23
2.2 Повірочний розрахунок навантажень.....	24
2.3 Повірочний розрахунок системи внутрішнього освітлення.....	27
2.4 Оцінка завантаженості тп	28
2.5 Оцінка рівня компенсації реактивної потужності об'єкту	29
2.6 Розрахунок основних складових балансу споживання електричної енергії об'єкту в аналітичній формі	30
2.7 Оцінка стану та ефективності системи обліку та моніторингу споживання електричної енергії на об'єкті.....	31
2.8 Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії	32
2.8.1 Встановлення пристрою для компенсації реактивної потужності	32
2.8.2 Заміна ламп розжарювання на світлодіодні.....	34
2.8.3 Встановлення датчиків руху.....	37
Висновок до розділу 2	39
3 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ	40
3.1 Оцінка ефективності роботи джерела теплової енергії	40
3.2 Повірочний розрахунок теплових навантажень об'єкту.....	42
3.2.1 Загальний опис розмірів будівлі	42
3.2.2 Розрахунок площ огорожувальних конструкцій, що межують з	

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

опалювальними приміщеннями	43
3.2.3 Розрахунок опорів теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі.....	45
3.2.4 Розрахунок тепловтрат через огорожувальні конструкції.....	48
3.3 Аналіз теплотехнічних характеристик огорожень.....	49
3.4 Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів теплової енергії.....	51
3.4.1 Утеплення даху	51
3.4.2 Заміна дерев'яних вікон на металопластикові	54
3.4.3 Встановлення рекуператора теплової енергії в систему вентиляції ...	56
Висновок до розділу 3	58
4 СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТУ	59
4.1 Оцінка відповідності стану існуючої на об'єкті систем енергетичного менеджменту вимогам ДСТУ ISO 50001:2020.....	59
4.2 Визначення базового рівня споживання електроенергії та показників енергоефективності на рівні всього об'єкту.....	60
4.3 Планування впровадження заходів з енергоефективності, запропонованих в розділах 2 та 3.....	63
4.3.1 Цілі та задачі проєкту, ситуаційний аналіз	63
4.3.2 Аналіз ринку рекуператорів теплової енергії в системах вентиляції..	64
4.3.3 Фінансовий розрахунок.....	65
Висновок до розділу 4	66
5 ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ.....	67
Висновок до розділу 5	69
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС МОНТАЖУ УСТАНОВКИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ.....	71
6.1 Загальна характеристика об'єкта.....	71
6.2 Обсяг і послідовність роботи по встановленню пристрою компенсації реактивної потужності.....	72
6.3 Аналіз показників умов праці на робочих місцях	73
6.4 Оцінка небезпечних чинників для працівників на робочих місцях	74
6.5 Вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці.....	75
6.6 Засоби індивідуального захисту	76
6.7 Вибір заходів із запобігання та ліквідації наслідків пожеж	77

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

6.8 Встановлення припливно-витяжної вентиляції в приміщенні	77
Висновок до розділу 6	78
ВИСНОВКИ	79
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	80

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Енергетичний аудит (енергоаудит) – обстеження підприємств, організацій і окремих виробництв з їх ініціативи для визначення можливостей економії енергії, яка споживається, й допомоги підприємству в здійсненні практичної економії шляхом застосування механізмів енергетичної ефективності, а також з метою впровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту.

Предметом енергетичного аудиту є система обстеження споживання палива й енергії, аналізу й вироблення рекомендацій щодо ефективного використання енергоресурсів.

Головною метою енергетичного аудиту є пошук можливостей енергозбереження й допомоги суб'єктам господарювання у визначенні напрямків ефективного енерговикористання.

Об'єктом енергетичного аудиту може бути будь-яке підприємство, енергетична установка, будинок, агрегат, що виробляє, перетворює, передає або споживає енергію.

В Україні починає потужно розвиватись сфера енергетичного аудиту та енергетичного менеджменту в промисловості з впровадженням нових стандартів та законів. Це дозволяє досягти європейського рівня енергоефективності в тому числі в промисловості, що суттєво зменшує загальні витрати на енергію, виходячи з цього – зменшення негативного впливу на природу на планеті, що є основною ціллю.

За темою дипломного проєкту об'єктом енергетичного аудиту є каналізаційна насосна станція МПП «Кривбасбудтехпостач».

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТУ

1.1 Короткий опис об'єкту

Об'єктом енергетичного аудиту є каналізаційна насосна станція власності МПП «Кривбасбудтехпостач», що знаходиться у місті Кривий Ріг, Дніпропетровської області.



Рисунок 1.1 – Будівля каналізаційної насосної станції

Каналізаційна насосна станція МПП «Кривбасбудтехпостач» є важливим об'єктом житлово-комунального господарства міста. Ця станція забезпечує відведення стічних вод промислових підприємств Коломийцівського промислового вузла м. Кривого Рогу на міські очисні споруди для подальшої їх очистки та зливу у р. Дніпро.

Каналізаційна насосна станція – це комплекс споруд та обладнання, що забезпечує відведення стічних вод у відповідності до споживання на очисні споруди. Будівництво КНС дозволяє уникати великого заглиблення самотічних колекторів та очисних споруд. КНС відіграють велику роль у функціонуванні систем водопостачання та водовідведення населених пунктів та промислових підприємств.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Загальний опис об'єкту	Лім.	Арк.	Аркуші	
Розроб.		Войнич В.А.					10	81	
Перевір.		Черкашина Г.І.				НН ІЕЕ, кафедра ЕП			
Реценз.									
Н. Контр.		Черкашина Г.І.							
Затверд.									

Об'єкт складається з основної будівлі (рис. 1.1), в якій розташовуються приміщення розподільчих пунктів, побутові, диспетчерські приміщення, трансформаторна підстанція, а також машинної зали та приймального резервуару під основною будівлею. Дані про загальні розміри будівлі та матеріали огорожувальних конструкцій наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика огорожувальних конструкцій будівлі

Показник	Опис
Форма будівлі	Будівля має форму циліндру зовнішнім діаметром 12 метрів
Висота	2,92 метри
Глибина машинної зали	8 метрів
Зовнішні стіни	Матеріал – цегляна кладка, мінеральна вата. Товщина – 0,5 м
Вікна	Дерев'яні, одинарне скління, за розміром поділяються на три типи
<i>Тип А</i>	1700 × 1000 мм, 2 шт
<i>Тип Б</i>	1200 × 1000 мм, 3 шт
<i>Тип В</i>	1300 × 1500 мм, 1 шт
Двері	Основні двері – дерев'яні, 2 × 1 м Зворотні двері – металеві, 2 × 1,5 м
Підвальне перекриття	Матеріал – залізобетон товщиною 0,25 м, в опалювальних приміщеннях вкритий лінолеумом; Площа перекриття – 113 м ²
Дах	Матеріал – залізобетон товщиною 0,2 м, вкритий металевими листами; Площа даху – 113 м ²
Об'єм будівлі	330 м ³

1.2 Короткий опис інженерних мереж

Система електропостачання

Каналізаційна насосна станція підключається до електромережі через ГПП-2 промислової зони. Від неї електроенергія за допомогою кабельних ліній 6 кВ марки ААШв 3 × 120 (одна з ліній в довгостроковому ремонті) приходить на розподільчий пункт 6 кВ, до якого підключено трансформаторну підстанцію. На ТП встановлено два трансформатори ТМ-50/6/0,4, включених на паралельну роботу. Після ТП електроенергія приходить на розподільчий пункт 0,4 кВ. Схема електропостачання представлена на рисунку 1.2.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

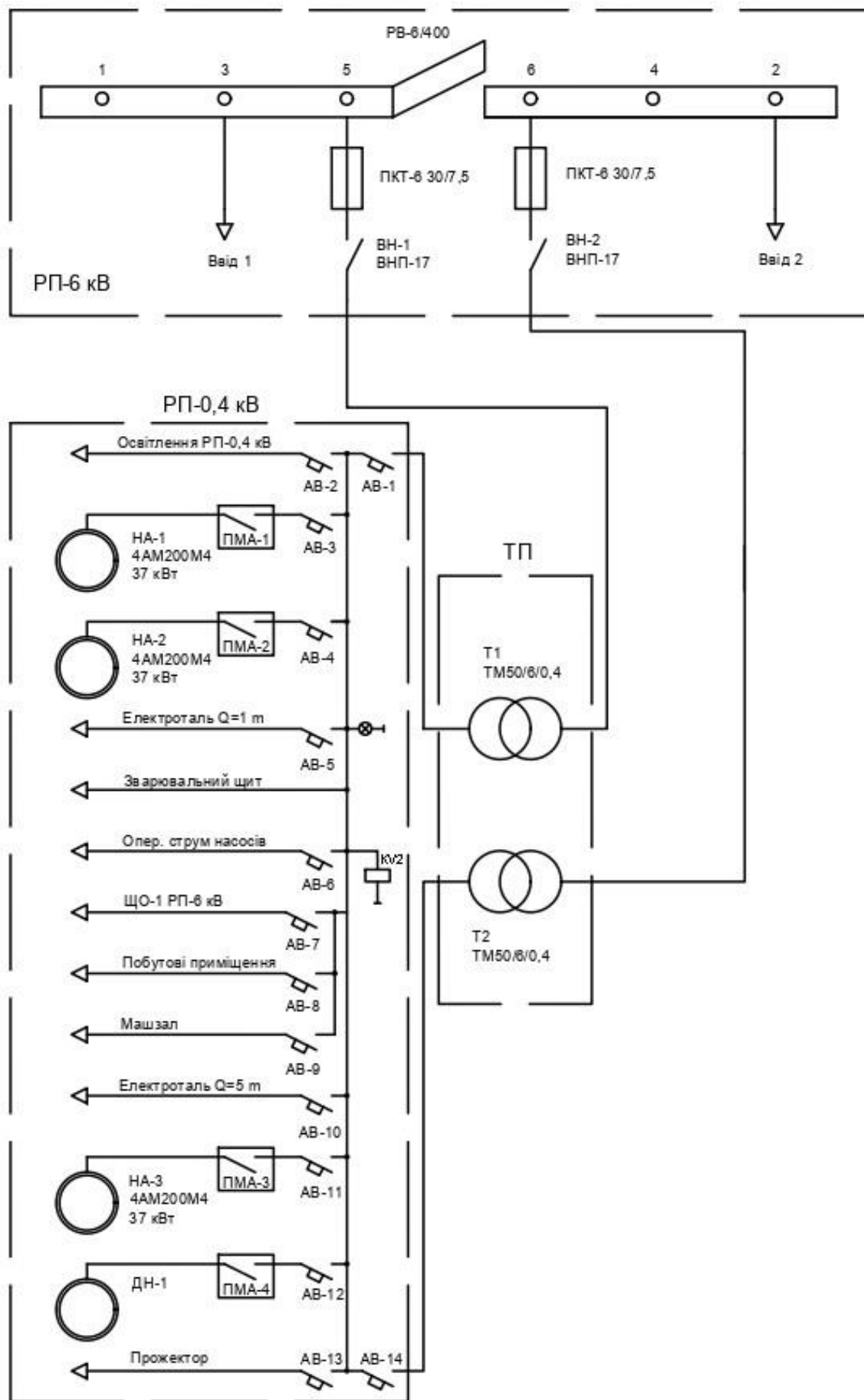


Рисунок 1.2 – Схема електропостачання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

НТУУ 001.9103.046 ПЗ

Арк.

12

На об'єкті не застосовуються пристрої для компенсації реактивної потужності.

Постачальником електричної енергії є ТОВ «Донецькі енергетичні послуги». За угодою, межа балансової належності починається від ГПП-2, де встановлено пристрій обліку.

Водопостачання та каналізація

Для господарсько-побутових потреб підприємство споживає холодну воду. На об'єкті встановлено два вмивальники, один унітаз, один душ.

Постачальником холодної води є КП «Кривбасводоканал». На об'єкті не встановлено пристроїв обліку споживання води, розрахунок відбувається за договірним обсягом споживання води в 10 м³ на місяць. В середньому на об'єкті знаходиться 3 людини. Таким чином, враховуючи, що на одну людину припадає 100 л використаної води за добу, в середньому за місяць використовується 9000 л води на господарсько-побутові потреби.

Використана вода потрапляє до приймального резервуару насосної станції і разом з іншими стічними водами перекачується до очисних споруд, що також є на балансі постачальника.

Каналізаційна насосна система

Підприємство надає послугу з перекачки стічних вод від підприємств-абонентів до очисних споруд (рис. 1.4). Спрощену схему перекачування стічних вод зображено на рисунку 1.3.

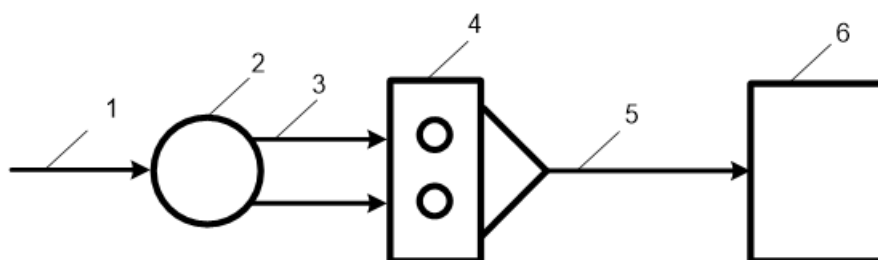


Рисунок 1.3 – Схема перекачки стічних вод до очисних споруд

1 – стічний магістральний колектор; 2 – приймальний резервуар;
3 – всмоктувальні труби насосів; 4 – машинна зала з насосами; 5 – напірний колектор; 6 – очисні споруди



Рисунок 1.4 – План-схема розташування каналізаційної насосної станції

1 – КНС; 2 – підприємства-абоненти; 3 – Очисні споруди; 4 – Стічний магістральний колектор; 5 – Напірний колектор

Каналізаційна система складається з стічного колектору та 32 колодязів, що знаходяться на балансі підприємства. Підприємства-абоненти приєднують свої стічні колектори до даних колодязів.

Приймальний резервуар має об'єм 50 м³. Система очищення стічних вод відсутня.

В машинній залі на глибині 7,2 метри встановлено три насосні агрегати СД-160/45 (рис. 1.5), два з яких – резервуючи, використовуються у випадку необхідності ремонту першого насоса. Універсальна характеристика насосу зображена на рисунку 1.6.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.5 – Насосні агрегати станції

Насосні агрегати поєднані з асинхронними двигунами 4АМ200М4. Паспортні характеристики двигуна вказані в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Паспортні дані двигуна 4АМ200М4

Показник	Значення
Напруга живлення	380 В
Номінальна потужність	37 кВт
Коефіцієнт потужності	$\cos\varphi = 0,89$
ККД	91,5 %
Номінальна частота обертання	1470 об/хв
Маса	270 кг

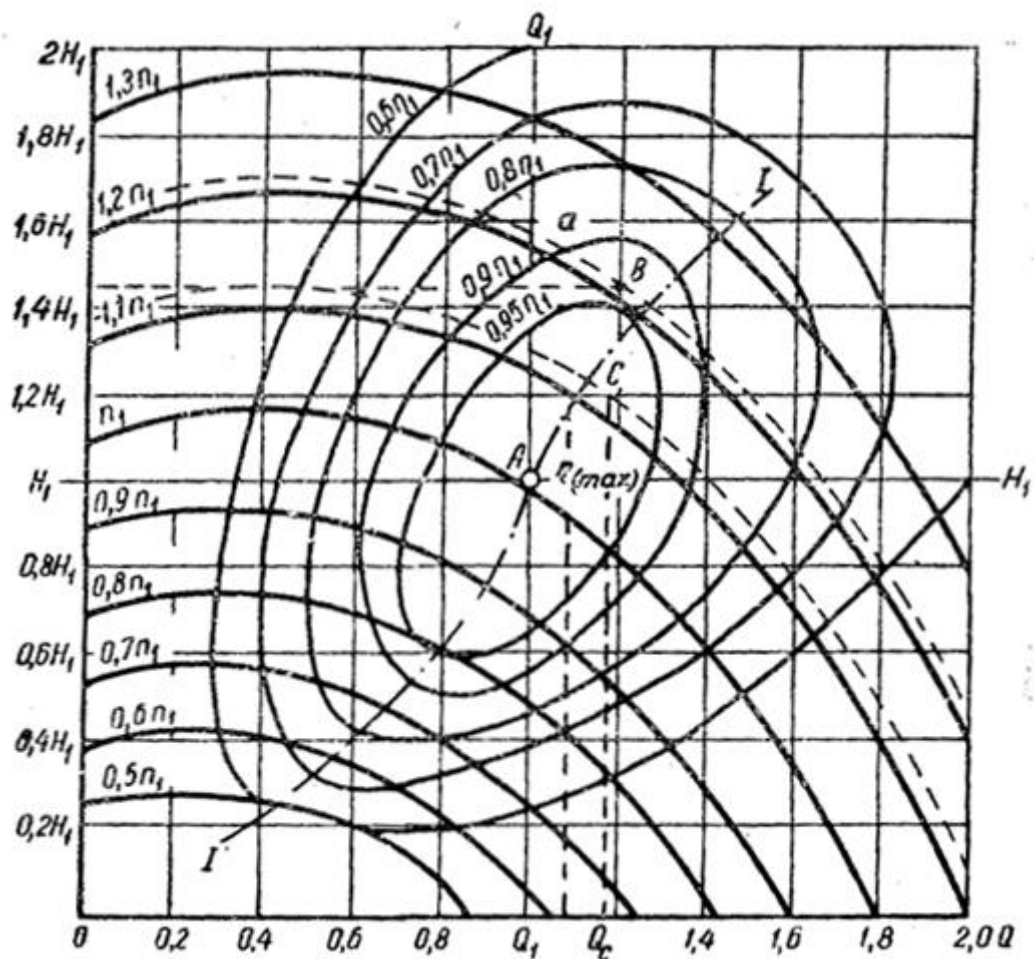


Рисунок 1.6 – Універсальна характеристика насосу СД-160-45

Приймальний резервуар обладнаний трьома датчиками рівня води: датчик нижнього рівня, датчик верхнього рівня, датчик, що сигналізує про досягнення водою рівня затоплення. Насос вмикається при досягненні водою верхнього рівня, а вимикається при спаданні рівня води до нижнього. Датчик сигналізації рівня затоплення може спрацювати у випадку збою в роботі датчика верхнього рівня або при надмірному надходженні стічних вод від підприємств-абонентів. При такому регулюванні роботи насосів, останній працює за номінальними показниками продуктивності та напору, відповідно правильно підібраний двигун працює за номінальною потужністю також.

Облік обсягів перекачаної води не проводиться безпосередньо на насосній станції. Підприємства-абоненти платять за послугу з перекачки за обсягами спожитої води, які обліковуються відповідно на самих підприємствах.

Система освітлення

Система освітлення складається з зовнішнього та внутрішнього

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

освітлення. Для зовнішнього освітлення використовується прожектор з люмінесцентною лампою потужністю 200 Вт. Внутрішнє освітлення складається з освітлення побутових приміщень, приміщень розподільчих пунктів та приміщення машинної зали. В побутових приміщеннях встановлено 10 люмінесцентних ламп потужністю 20 Вт. В розподільчих пунктах наявні світлодіодні лампи загальною кількістю 5 штук, потужністю 8 Вт. Для освітлення насосних агрегатів та пристроїв керування використовуються лампи розжарювання в кількості 6 штук потужністю 100 Вт. Датчики руху відсутні.

1.3 Аналіз динаміки виробничої діяльності за останні три роки

Підприємство надає послугу з перекачки каналізаційних та стічних вод від інших підприємств-абонентів до очисних споруд.

В таблиці 1.3 наведено дані по обсягам перекачаної води за 2020-2022 роки.

На рисунку 1.7 наведено помісячне порівняння обсягів.

Таблиця 1.3 – Обсяги перекачки води за 2020-2022 роки

Місяць	Рік		
	2020	2021	2022
	м ³		
січень	22905	18892	24860
лютий	17865	24213	32246
березень	12630	22374	22630
квітень	22146	17011	22538
травень	14507	18173	15214
червень	17097	19200	19985
липень	20633	17714	22957
серпень	14870	16690	23129
вересень	24819	9003	20154
жовтень	29630	19359	24320
листопад	27038	16855	21386
грудень	21913	15744	22788

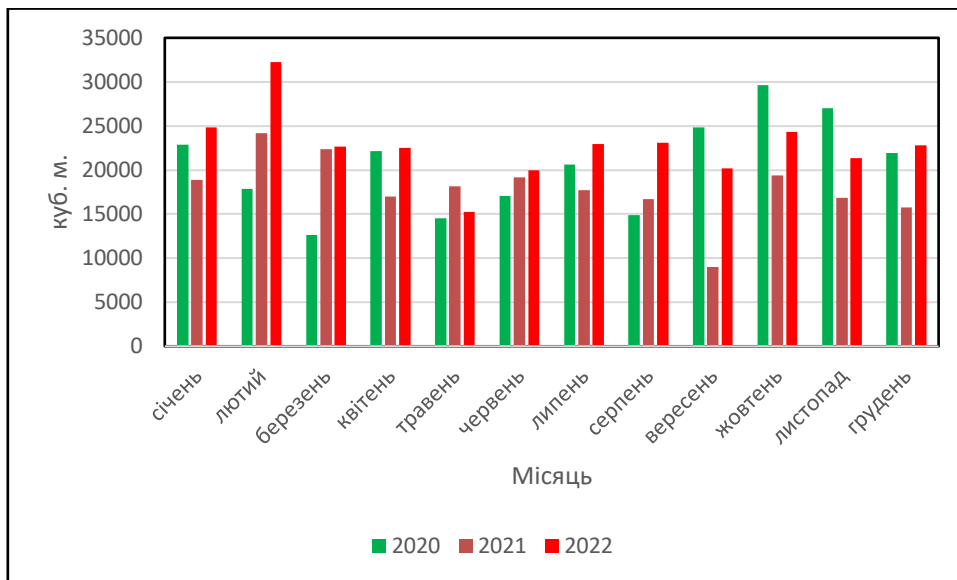


Рисунок 1.7 – Порівняння обсягів перекачаної води по місяцях за 2020-2022 роки

Динаміка зміни обсягів перекачаної води напряму залежить від виробничої діяльності підприємств-абонентів, а природне надходження води (опаді, ґрунтові води) у стічний колектор слабо впливає на дані обсяги.

Добовий графік перекачаної води за конкретну добу показано на рисунку 1.8.

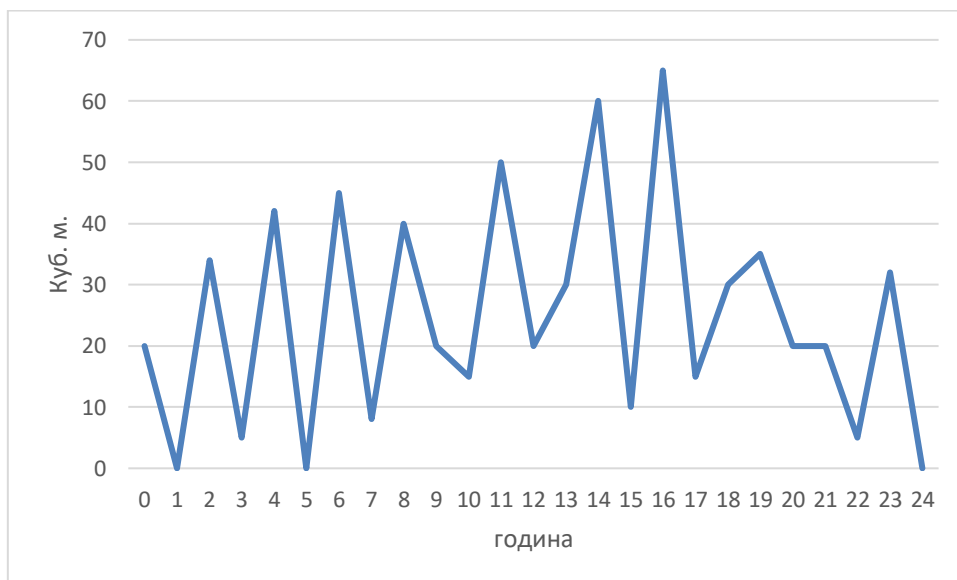


Рисунок 1.8 – Добовий графік перекачки стічних вод

Ближче до середини доби об'єм перекачки збільшується, що обумовлено збільшення виробничої активності підприємств-абонентів.

1.4 Аналіз динаміки споживання ПЕР за останні три роки

Підприємство споживає електричну енергію, в тому числі і на потреби опалення. Споживання води на об'єкті не обліковується, розрахунок відбувається за договірним об'ємом по споживанню. Історію споживання електричної енергії показано у вигляді таблиці 1.4 та рисунку 1.9.

Таблиця 1.4 – Споживання активної енергії за 2020-2022 роки

Місяць	2020		2021		2022	
	кВт·год	грн.	кВт·год	грн.	кВт·год	грн.
січень	4824	13153,25	5112	20964,19	6984	47120,04
лютий	4428	12043,01	5184	22820,50	6876	39058,13
березень	3168	8432,03	4536	19035,14	5976	34551,77
квітень	3456	9679,56	3492	14272,70	2754	15883,10
травень	1764	4590,60	3168	12459,71	3744	21649,38
червень	1062	2714,14	2736	10818,49	3060	17776,56
липень	900	2384,64	0	0	2646	16382,28
серпень	630	1898,71	0	0	1854	12347,48
вересень	1530	4932,22	234	1188,10	2610	18458,24
жовтень	2664	8585,42	4338	23799,34	3132	22651,99
листопад	3960	12911,56	3690	23393,42	3240	23334,25
грудень	4518	15440,99	6534	40114,70	4302	30864,79

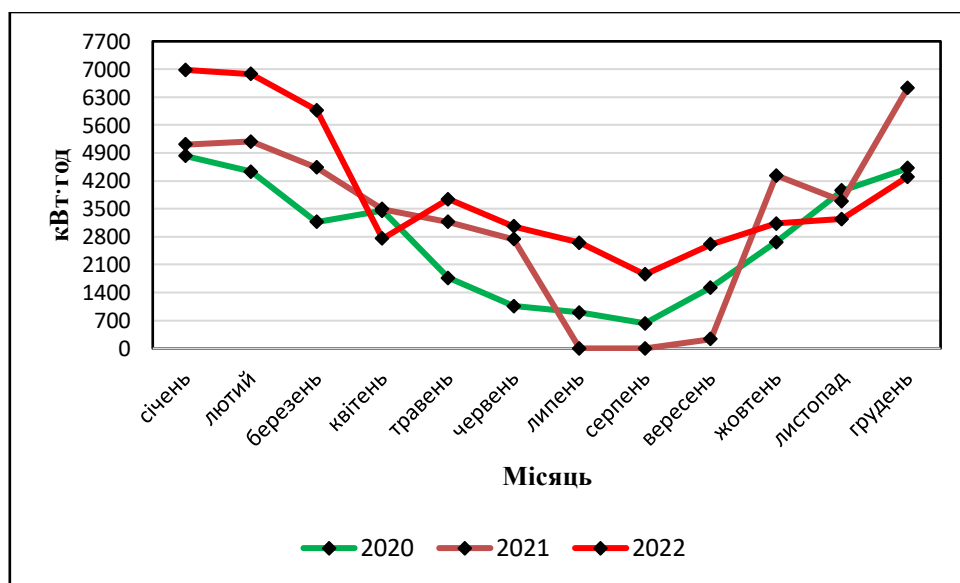


Рисунок 1.9 – Річний графік споживання активної енергії за 2020-2022 роки

За графіком можна побачити, що споживання електроенергії збільшується зі зменшення температури навколишнього середовища (у опалювальний період). Це пов'язано з увімкненням електричних приладів для обігріву внутрішнього повітря.

У період липень-вересень 2021 року відбувалися ремонтні роботи на лінії

постачання електричної енергії. У цей період основні агрегати об'єкта (насоси) не працювали, побутові прилади працювали від генератора. Через це, у жовтні можна побачити збільшення споживання електроенергії відносно інших років, що спричинено більшою роботою насосів.

У квітні 2022 року відбулося різке зменшення споживання електроенергії через призупинення або зменшення роботи заводів, тобто зменшення обсягів надходження ресурсу каналізації.

1.5 Оцінка тарифної політики щодо покупних ПЕР

Структура ціни електричної енергії для підприємства:

- Ціна за купівлю електричної енергії;
- Ціна послуги з електропостачання;
- Ціна послуги оператора системи розподілу 2 клас;
- Ціна послуги оператора системи передачі.

На квітень 2023 року тариф на активну енергію склав 5,93997 грн за кВт·год, або за складовими, як вказано в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Структура ціни активної енергії за квітень 2023 року

Ціна за купівлю електричної енергії	Ціна послуги з електропостачання	Ціна послуги оператора системи розподілу 2 клас	Ціна послуги оператора системи передачі	Сумарний тариф на активну енергію
Грн за кВт·год				
3,22186	0,08	2,20786	0,43025	5,93997

Історія тарифів на електроенергію за 2020-2022 роки показана у вигляді таблиці 1.6. Динаміка зміни тарифів на активну енергію представлення на рисунку 1.10.

Таблиця 1.6 – Історія тарифів на активну енергію за 2020-2022 роки

Місяць	Рік		
	2020	2021	2022
	Грн за кВт·год		
січень	2,27219	3,41748	5,62238
лютий	2,26645	3,66842	4,73363
березень	2,21802	3,49705	4,81813
квітень	2,334	3,40605	4,80607
травень	2,16865	3,27749	4,81868
червень	2,12974	3,29511	4,84111
липень	2,20799	3,28224	5,15945
серпень	2,51152	4,11802	5,54993
вересень	2,68639	4,23109	5,89344
жовтень	2,68563	4,27187	6,02703
листопад	2,71708	5,28307	6,00161
грудень	2,84805	5,11615	5,97877

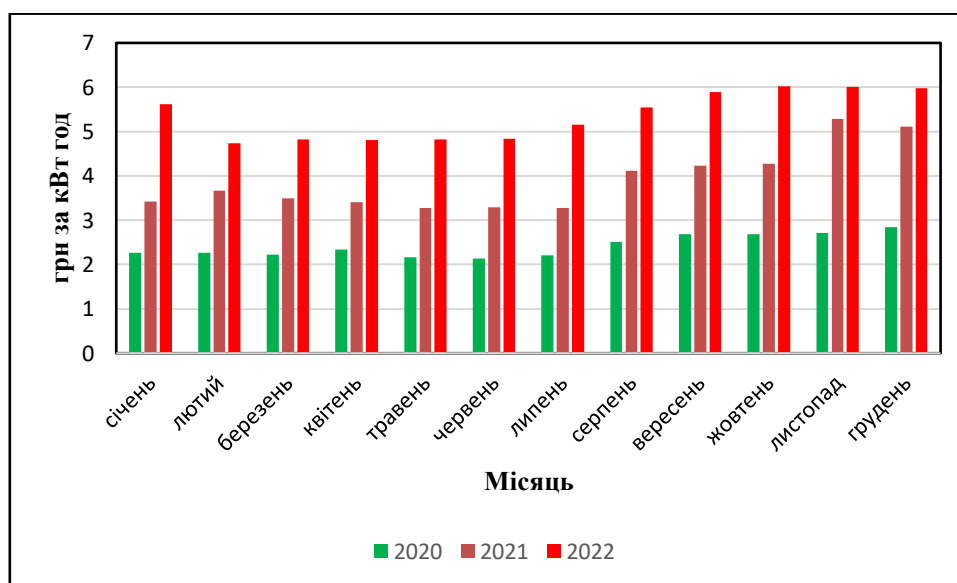


Рисунок 1.10 – Порівняння тарифів на активну енергію за 2020-2022 роки

За період 2020-2022 роки помітне суттєве підвищення тарифу на активну електроенергію.

1.6 Коротка характеристика попередньої діяльності об'єкту у сфері енергоефективності

За останні 20 років підприємство впровадило декілька заходів з енергоефективності. Було замінено старі асинхронні двигуни на нові, більш енергоефективні, з заздалегідь розрахованою потрібною потужністю. Також були замінені деякі застарілі побутові прилади на сучасні. У приміщеннях розподільчих пунктів були замінені лампи розжарювання на світлодіодні лампи,

підібрані для виконання вимог по освітленості в даних приміщеннях.

Висновок до розділу 1:

МПП «Кривбасбудтехпостач» надає послугу з відведення каналізаційних стічних вод від підприємств-абонентів до очисних споруд.

Основними споживачами електричної енергії на об'єкті є насосні агрегати з приводними асинхронними двигунами потужністю 37 кВт. Так за графіком річного споживання електричної енергії можна помітити приріст споживання електроенергії в зимовий період, що спричинено увімкненням опалювальних приладів до мережі.

Аналізуючи огорожувальні конструкції будівлі насосної станції, можна прийти до висновку, що найбільші втрати теплоти відбуваються в дерев'яних вікнах з одинарним склінням та через дах, який не має ніякого теплоізоляційного шару. Підвальне перекриття теж не має теплоізоляційного шару, але втрати в ньому можуть бути зменшеними завдяки температурі стічних вод в приймальному резервуарі.

Аналізуючи систему електропостачання, можна зробити висновок, що система освітлення машинної зали потребує перевірки та модернізації, в приміщеннях розподільчих пунктів потрібно встановити датчики руху, бо вони є проміжними приміщеннями, де часто проходить робочий персонал.. Також питання компенсації реактивної потужності потребує перевірки, так як на об'єкті не встановлено пристроїв компенсації.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ

2.1 Визначення, коротка характеристика та оцінка енергоефективності суттєвих споживачів електричної енергії

Підприємство має як технологічних споживачів електричної енергії, так і побутових. Також в опалювальний період до споживання електроенергії додаються опалювальні прилади.

До технологічного обладнання насосної станції відносяться насоси. Насосні установки складаються з насосних агрегатів моделі СД 160/45 та асинхронних двигунів 4АМ200М4. Дані насосні агрегати призначені для перекачування побутових, промислових стічних вод та інших забруднених рідин густиною до 1050 кг/м^3 , температурою до 80°C , із вмістом абразивних частинок до 1% по об'єму. ККД таких насосних агрегатів варіюється в діапазоні 64-58 % залежно від модифікації моделі. Двигуни для таких агрегатів мають номінальну потужність 37 кВт та ККД 91,5 %.

Також на об'єкті є такі пристрої, як компресор для стисненого повітря, вертикальний насос для аварійних ситуацій, зварювальний апарат. Ці пристрої використовуються дуже рідко, тому не враховуються як споживачі взагалі.

Серед побутових споживачів на об'єкті використовують холодильник, мікрохвильова піч, електричний чайник. Для потреби опалення в зимовий період використовують конвектори, масляні обігрівачі та тепловентилятор.

Порівняно з технологічним обладнання побутові споживачі не є доволі суттєвими. Якщо враховувати час роботи обладнання за добу, то в зимовий період опалювальні прилади можна вважати суттєвими дивлячись на їх сумарне споживання за добу/місяць. Найбільш суттєвими споживачами електричної енергії на об'єкті є насосні установки.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ			Лім.	Арк.	Аркуші		
Розроб.		Войнич В.А.								23	81	
Перевір.		Черкашина Г.І.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП				
Реценз.												
Н. Контр.		Черкашина Г.І.										
Затверд.												

2.2 Повірочний розрахунок навантажень

Проведемо розрахунок навантаження підприємства за методом коефіцієнта розрахункового навантаження згідно з [1]-[2]. Найменування споживача електроенергії і їх параметри вказані у таблиці 2.1. Навантаження розраховується для зимового періоду, коли працюють всі суттєві споживачі.

Таблиця 2.1 – Дані по електроприймачам об'єкту

№	ЕП	n , шт	p_n , кВт	$\cos\varphi$	k_v
1	Насос	1	37	0,89	0,85
2	Конвектор	2	2	0,98	1
3	Масляний обігрівач	2	1	1	1
4	Тепловентилятор	1	2	0,85	1
5	Холодильник	1	1	0,83	0,5
6	Мікрохвильова піч	1	1,5	0,9	0,65
7	Електричний чайник	1	2	0,99	0,85

Визначаємо розрахункове навантаження на шинах НН та ВН ТП, щита освітлення ЩО.

Сумарна номінальна потужність однотипного навантаження розраховується за формулою (2.1):

$$P_n = p_n n; \quad (2.1)$$

де n – кількість однотипних ЕП, шт;

p_n – номінальна потужність ЕП, кВт,

На прикладі насосного агрегату:

$$P_n = 37 \cdot 1 = 37 \text{ кВт.}$$

Аналогічна для інших однотипних навантажень.

Активна проміжна потужність розраховується за формулою (2.2):

$$P_{\Pi} = P_n k_v, \quad (2.2)$$

де k_v – коефіцієнт використання,

Для насосу:

$$P_{\Pi} = 37 \cdot 0,85 = 31,45 \text{ кВт.}$$

Реактивна проміжна потужність розраховується за формулою (2.3):

$$Q_{\Pi} = P_{\Pi} \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.3)$$

де $\operatorname{tg}\varphi$ – коефіцієнт реактивної потужності,

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для насосу:

$$Q_{\Pi} = 31,45 \cdot 0,51 = 16,11 \text{ квар.}$$

Аналогічно для всіх ЕП. Дані занесено до таблиці 2.2

Серед всіх споживачів знаходимо споживач з максимальною та мінімальною потужностями:

$$p_{н.і.маx} = 37 \text{ кВт}, \quad p_{н.і.мін} = 1 \text{ кВт.}$$

Співвідношення:

$$m = \frac{p_{н.і.маx}}{p_{н.і.мін}} = \frac{37}{1} = 37.$$

Так як $n < 10$, розраховуємо:

$$n_{р.е.} = \frac{(\sum P_{н})^2}{\sum P_{н}^2} = 1,75.$$

Оскільки $m > 3$ та $n_{р.е.} < n$, вважаємо, що:

$$n_e = n_{р.е.} (\text{округлене до найменшого цілого}) = 1 \text{ шт.}$$

Дані занесено до таблиці 2.2.

Груповий коефіцієнт використання:

$$K_{в} = \frac{\sum P_{\Pi}}{\sum P_{н.і}} = \frac{42,63}{49,5} = 0,86.$$

За груповим коефіцієнтом використання визначаємо коефіцієнт розрахункового навантаження $K_p = 1,14$.

Розрахункове активне, реактивне та повне навантаження:

$$P_p = P_{\Pi \Sigma} \cdot K_p = 42,63 \cdot 1,14 = 48,59 \text{ кВт};$$

Так як $n_e < 10$, то:

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{\Pi \Sigma} = 21,14 \text{ квар};$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = \sqrt{48,59^2 + 21,14^2} = 52,99 \text{ кВА.}$$

Навантаження на ЩО:

В побутових та службових приміщеннях використовуються люмінесцентні лампи потужністю 20 Вт у кількості 10 штук. В приміщеннях РП

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовуються світлодіодні лампи потужністю 8 Вт в кількості 5 штук. У машинній залі встановлені лампи розжарювання потужність 100 Вт у кількості 6 штук. Зовнішнє освітлення – прожектор з люмінесцентною лампою потужністю 200 Вт.

$$P_o = \sum p_i \cdot n_i \cdot k_B = 0,99 \text{ кВт},$$

$$Q_o = \sum p_i \cdot n_i \cdot k_B \cdot \operatorname{tg} \varphi_i = 0,48 \text{ квар.}$$

Навантаження на шинах НН ТП:

$$P_{HH} = P_p + P_o = 48,59 + 0,99 = 49,58 \text{ кВт},$$

$$Q_{HH} = Q_p + Q_o = 21,14 + 0,25 = 21,39 \text{ квар},$$

$$S_{HH} = \sqrt{P_{HH}^2 + Q_{HH}^2} = \sqrt{49,58^2 + 21,39^2} = 54 \text{ кВА.}$$

Втрати в трансформаторі ТП:

$$\Delta P_{\text{тр}} = 0,025 S_{HH} = 0,025 \cdot 54 = 1,35 \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{\text{тр}} = 0,1 S_{HH} = 0,1 \cdot 54 = 5,4 \text{ квар.}$$

Знайдемо навантаження приведено до шин ВН ТП:

$$P_{BH} = P_{HH} + \Delta P_{\text{тр}} = 49,58 + 1,35 = 50,93 \text{ кВт},$$

$$Q_{BH} = Q_{HH} + \Delta Q_{\text{тр}} = 21,39 + 5,4 = 26,78 \text{ квар},$$

$$S_{BH} = \sqrt{P_{BH}^2 + Q_{BH}^2} = \sqrt{50,93^2 + 26,78^2} = 57,54 \text{ кВА.}$$

Зведемо отриманні розрахункові дані до таблиці 2.2.

Розрахункове струмове навантаження на шинах ВН ТП:

$$I_p = \frac{S_{BH}}{U_{BH} \sqrt{3}} = \frac{57,54}{6 \cdot \sqrt{3}} = 5,54 \text{ А.}$$

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Навантаження на ЩО та шинах НН та ВН ТП

Початкові дані										Проміжні потужності		пр.е	па	Кр	Розрахункові потужності			Розрах. струм Ір, А
За умовою						Довідникові									Рр, кВт	Qр, квар	Sp, кВт·А	
Найменування ЕП	п, од	Номинальна потужність, кВт				m	кв	Кв	cosφ	tgφ	Рп, кВт	Qп, квар						
		рні	РнΣ	рн.і. max	рн.і. min													
Насос	1	37	37				0,85	0,89	0,51	31,45	16,11							
Конвектор	2	2	4				1,00	0,98	0,20	4,00	0,81							
Масляний обігрівач	2	1	2				1,00	1	0,00	2,00	0,00							
Тепловентилятор	1	2	2				1,00	0,85	0,62	2,00	1,24							
Холодильник	1	1	1				0,50	0,83	0,67	0,50	0,34							
Ел. чайник	1	2	2				0,85	0,99	0,14	1,70	0,24							
Мікрохвильова пліч	1	1,5	1,5				0,65	0,9	0,48	0,98	0,47							
Всього	9	46,5	49,5	37	1	37,00	0,86			42,63	19,21	1,75	1	1,140	48,59	21,14	52,99	80,51
ЛР	6	0,1	0,6				0,95	1	0,00						0,57	0,00		
ЛЛ	10	0,02	0,2				0,95	0,85	0,62						0,19	0,12		
LED-лампа	5	0,008	0,04				0,95	0,95	0,33						0,04	0,01		
Пржектор	1	0,2	0,2				0,95	0,85	0,62						0,19	0,12		
ЩО															0,99	0,25		
Шини 0,4 кВ ТП															49,58	21,38	54,00	
Втрати в ТР															1,35	5,40		
Шини 6 кВ ТП															50,93	26,78	57,54	5,54

2.3 Повірочний розрахунок системи внутрішнього освітлення

В деяких приміщеннях насосної станції освітлення потребує перевірки на дотриманні нормам по освітленості. Це таке приміщення, як машинна зала насосної станції, де робочий персонал безпосередньо виконує свої обов'язки. В приміщеннях розподільчих пунктів вже встановлено світлодіодні лампи за вимогами по освітленості [3] в 150 лк.

Нормативна освітленість в приміщенні машинної зали без постійного чергового персоналу при розташуванні обладнання горизонтально на висоті 0,8 м – 150 лк.

Встановлено 6 світильників НСП-07-100 з лампами розжарювання 100 Вт, світловий потік яких – 1600 Лм.

Розміри приміщення: довжина – 4 м, ширина – 3 м, висота – 8 м.

Фактична освітленість визначається за формулою (2.4):

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ					Арк.
										27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$E_{\phi} = \frac{\Phi \cdot N \cdot \eta}{S \cdot K_3 \cdot Z}, \quad (2.4)$$

де Φ – світловий потік одного світильника, лм;

N – кількість ламп, шт.;

η – коефіцієнт використання світлового потоку;

Z – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

S – площа приміщення, м².

Розраховуємо індекс приміщення за формулою (2.5):

$$i = \frac{A \cdot B}{(H - h_p - h_n) \cdot (A + B)}, \quad (2.5)$$

де h_p – висота робочої поверхні над підлогою, м;

h_n – відстань від стелі до світильника, м.

Тоді:

$$i = \frac{4 \cdot 3}{(8 - 0,8 - 4) \cdot (4 + 3)} = 0,54$$

За даним значенням знаходимо коефіцієнт $\eta = 24\%$.

Тоді освітленість за формулою (2.4):

$$E_{\phi} = \frac{1600 \cdot 6 \cdot 0,24}{12 \cdot 1,4 \cdot 1,1} = 106,26 \text{ лк.}$$

Враховуючі додаткову природню освітленість через вікна та двері, можна вважати, що вимога по освітленості майже виконується.

2.4 Оцінка завантаженості ТП

На ТП встановлено два однакових трансформатори ТМ-50/6/0,4 потужність $S_n = 50$ кВА (рис. 2.1). Розрахункове пікове навантаження на кожний трансформатор розподіляється порівну і дорівнює $S_p = 28,27$ кВА.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.1 – ТП з трансформаторами ТМ-50/6/0,4

Дивлячись на те, що насосне устаткування є майже єдиним суттєвим споживачем станції і може працювати у будь-яку годину доби, залежить від притоку води, можна прийти до висновку, що пікове навантаження може досягатись протягом кожної години доби і тривати різну кількість часу.

Коефіцієнт завантаженості трансформатора:

$$k_3 = \frac{S_p}{S_n} = \frac{28,27}{50} = 0,58$$

Зазвичай, для споживачів II категорії надійності електропостачання, при проектуванні ТП, коефіцієнт завантаженості трансформаторів приймають рівним 0,8-0,85.

2.5 Оцінка рівня компенсації реактивної потужності об'єкту

На насосній станції не встановлено пристроїв для компенсації реактивної потужності. Питання компенсації реактивної потужності буде розраховано у

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підрозділ 2.8 як захід з енергоефективності.

2.6 Розрахунок основних складових балансу споживання електричної енергії об'єкту в аналітичній формі

Баланс споживання електричної енергії складається на основі даних, отриманих за місяць спостереження за роботою споживачів електроенергії. Результати складання балансу покажуть, які споживачі використовують найбільшу кількість енергії. Це допоможе визначити суттєвих споживачів більш точно.

Баланс складається за такою формулою:

$$W_{\text{міс}} = P_{\text{н}} \cdot n \cdot K_{\text{в}} \cdot T_{\text{роб}}, \quad (2.6)$$

де $P_{\text{н}}$ – номінальна або встановлена потужність обладнання, кВт;

n – кількість однотипного обладнання, шт.;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання встановленої потужності;

$T_{\text{роб}}$ – час роботи обладнання в годинах на місяць, год.

За формулою (2.6) заповнюємо таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Баланс споживання електричної енергії за один місяць

Найменування обладнання	Встановл. потужн., кВт	Кіль-сть, шт.	Загал. потужн., кВт	$K_{\text{в}}$	Час роботи, год/міс	Загал. спож. е.е. за місяць, кВт·год
Технологічне обладнання						
Насос	37	1	37	0,85	116	3648,2
Побутове обладнання						
Холодильник	1	1	1	0,5	60	30
Ел. чайник	2	1	2	0,85	12,5	21,2
Мікрохвильова піч	1,5	1	1,5	0,65	40	39
Тепловентилятор	2	1	2	1	20	40
Освітлення						
Лампа люмінесцентна	0,020	10	0,200	0,9	420	75,6
Лампа розжарювання	0,100	6	0,6	0,9	600	324
Лампа світлодіодна	0,008	5	0,040	0,92	100	3,7
Всього						4181,7

За даними обліку споживання активної енергії за квітень 2023 року склав

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4122 кВт·год.

Баланс споживання електричної енергії можна зобразити у вигляді кругової діаграм (рис. 2.2).

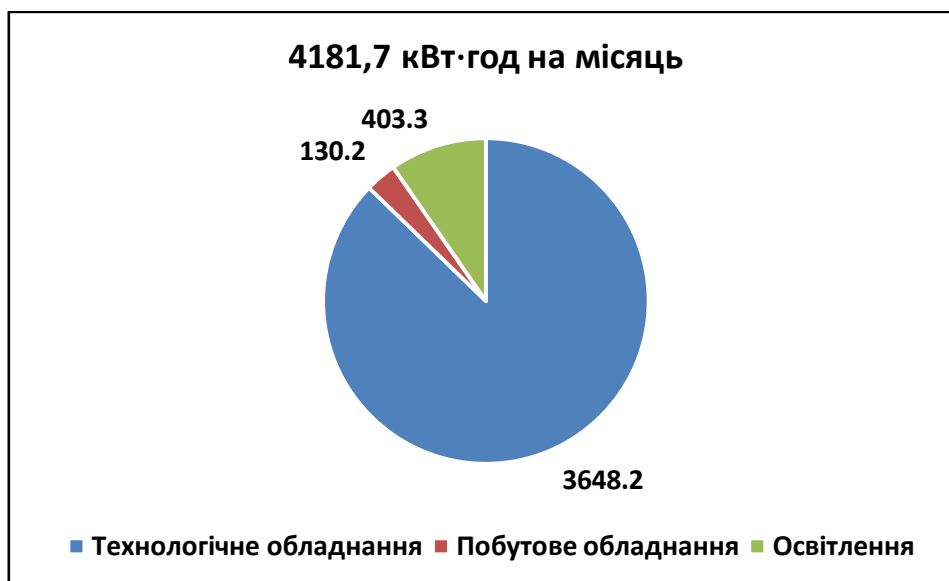


Рисунок 2.2 – Кругова діаграма балансу споживання електричної енергії

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

Пристрої обліку споживання електричної енергії знаходяться на межі балансової належності. До балансової належності підприємства, окрім основного технологічного і побутового обладнання, входять лінія електропередачі і ТП. Тому, окрім реального споживання електричної енергії насосною станцією, пристрій обліку також рахує втрати в лінії та в трансформаторі ТП.

Втрати в лінії:

$$\Delta W_{\text{л}} = \frac{S_{\text{р}}^2}{U^2} \cdot r_0 \cdot L \cdot K_f^2 \cdot T \cdot 10^{-3}, \quad (2.7)$$

де $S_{\text{р}}$ – розрахункове повне навантаження лінії, кВА;

U – напруга мережі, кВ;

r_0 – питомий активний опір кабелю, Ом/км;

L – довжина лінії, км;

K_f – коефіцієнт форми, приймається рівним 1.05...1.1;

T – час роботи лінії, год.

Дані по лінії:

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кабельна лінія 6 кВ марки ААШв 3×120 , питоми активний опір $r_0 = 0,258 \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$, довжина лінії $L = 1918 \text{ м} = 1,918 \text{ км}$.

Втрати в лінії за місяць розраховуємо за формулою (2.7):

$$\Delta W_{\text{л}} = \frac{57,54^2}{10^2} \cdot 0,258 \cdot 1,918 \cdot 1,05 \cdot 720 \cdot 10^{-3} = 12,4 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Значення втрат в лінії за даною формулою буде трохи завищено, тому що розрахунок проводиться за максимальним навантаженням.

Втрати в трансформаторі:

$$\Delta W_{\text{тр}} = \Delta P_{\text{н.х.}} \cdot \tau_n + k_3^2 \cdot \Delta P_{\text{к.з.}} \cdot \tau_p, \quad (2.8)$$

де $\Delta P_{\text{н.х.}}$ – активні втрати потужності в сталі трансформатора, кВт;

$\Delta P_{\text{к.з.}}$ – активні втрати досліду короткого замикання, кВт;

τ_n – час приєднання трансформатора до мережі, год;

τ_p – час роботи під навантаженням, год;

k_3 – коефіцієнт завантаженості трансформатора.

Дані по трансформаторам:

Трансформатори ТМ-50/6/0,4: $\Delta P_{\text{н.х.}} = 0,19 \text{ кВт}$, $\Delta P_{\text{к.з.}} = 1,1 \text{ кВт}$.

Втрати в одному трансформаторі за місяць розраховуємо за формулою (2.8):

$$\Delta W_{\text{тр}} = 0,19 \cdot 720 + 0,58^2 \cdot 1,1 \cdot 116 = 179,7 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

2.8 Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів електричної енергії

2.8.1 Встановлення пристрою для компенсації реактивної потужності

Поточний стан: на об'єкті не встановлено пристрою для компенсації реактивної потужності.

Поточний коефіцієнт реактивної потужності при максимальному навантаженні:

$$\text{tg} \varphi_{\text{п}} = \frac{Q_p}{P_p} = \frac{26,78}{50,93} = 0,53.$$

Такий коефіцієнт реактивної потужності не є оптимальним. Також, через

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевищення граничного значення $tg\varphi_r = 0,25$ нараховується додаткова плата за недостатню оснащеність. (економічно ефективне значення)

Опис та розрахунок заходу: пропонується встановити пристрій індивідуальної компенсації. Найбільш суттєвим споживачем реактивної потужності на насосній станції є асинхронний двигун насосного устаткування. Пристрій компенсації приєднується в безпосередній близькості до двигуна.

За паспортними даними двигуна 4AM200M4 коефіцієнт потужності $\cos\varphi_d = 0,89$. Тоді коефіцієнт реактивної потужності двигуна:

$$tg\varphi_d = \sqrt{\frac{1}{(\cos\varphi_d)^2} - 1} = \sqrt{\frac{1}{0,89^2} - 1} = 0,51.$$

Значення реактивної потужності, яке потребує компенсації:

$$Q_k = P_d(tg\varphi_d - tg\varphi_r) = 37 \cdot (0,51 - 0,25) = 9,62 \text{ квар.}$$

Пропонується встановити конденсаторну установку УКРП-0,4-10/5 номінальною потужністю 10 квар (рис. 2.3) [4].



Рисунок 2.3 - Конденсаторна установка УКРП-0,4-10/5 [4]

Нове значення коефіцієнта реактивної потужності двигуна:

$$tg\varphi_{н.д.} = 0,51 - \frac{10}{37} = 0,24.$$

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зниження втрат електроенергії за місяць:

$$\Delta W = 0,12 \cdot P_{\text{міс}} (tg\varphi_{\text{д}} - tg\varphi_{\text{н.д.}}) = 0,12 \cdot 3648,2 \cdot (0,51 - 0,24) \\ = 132 \text{ квар} \cdot \text{год}$$

2.8.2 Заміна ламп розжарювання на світлодіодні

Поточний стан: в приміщенні машинної зали встановлено лампи розжарювання, які потребують заміни.

Опис та розрахунок заходу: для заміни ламп розжарювання встановлюються світильники ДСП11-40-211 (рис. 2.4) [5] з кривими сили світла типу Д, світловий потік – 4800 лм. Потужність – 40 Вт. Розташування світильників показано на рисунку 2.5.



Рисунок 2.4 – Світильник ДСП11-40-211 [5]

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

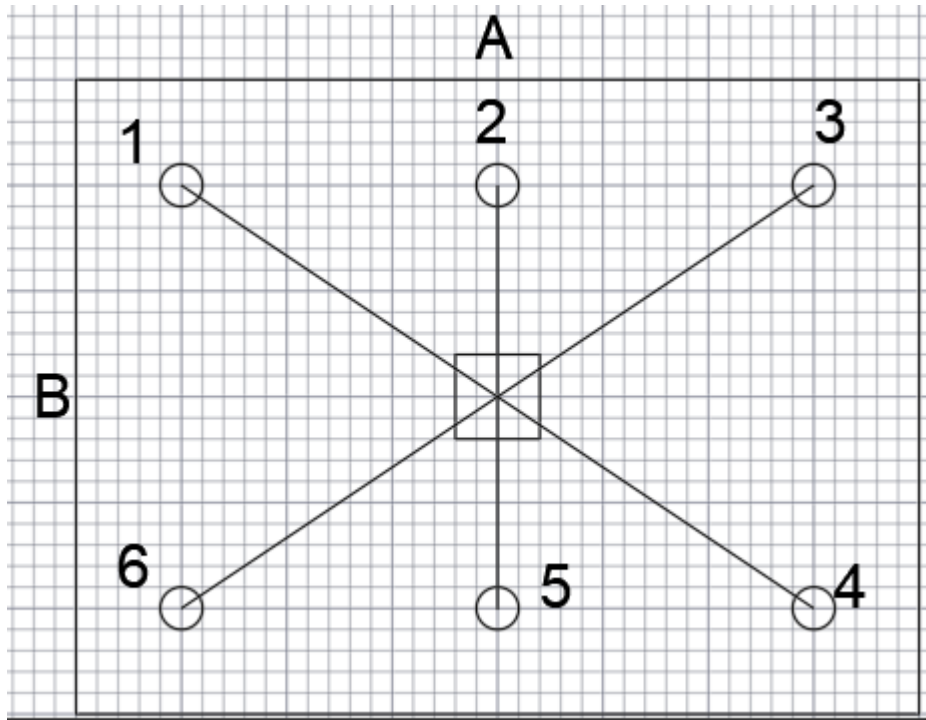


Рисунок 2.5 – Розташування світильників над обладнанням

Розрахунок освітлення проведемо точковим методом з використання кривих сили світла (рис. 2.6), який не враховує відбиваючу здатність від поверхонь приміщення.

Освітленість від кожного світильника розраховується за формулою (2.9):

$$E_i = \frac{cI_{\alpha} \cos^3 \alpha}{h^2}, \quad (2.9)$$

де c – коефіцієнт, що враховує реальний світловий потік світильника по відношенню до умовного, $c = 3$;

I_{α} – сила світла під кутом α до нормалі до горизонтальної площини.

$$\alpha = \arctg\left(\frac{d}{h}\right),$$

де d – відстань від лампи до розрахункової точки по горизонталі, $d_1 = d_3 = d_4 = d_6 = 1,8$ м, $d_2 = d_5 = 1$ м.

Тоді:

$$\alpha_1 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_6 = \arctg\left(\frac{1,8}{3,6}\right) = 26,5,$$

$$\alpha_2 = \alpha_5 = \arctg\left(\frac{1}{3,6}\right) = 15,5.$$

За рисунком 2.6 визначаємо силу світла.

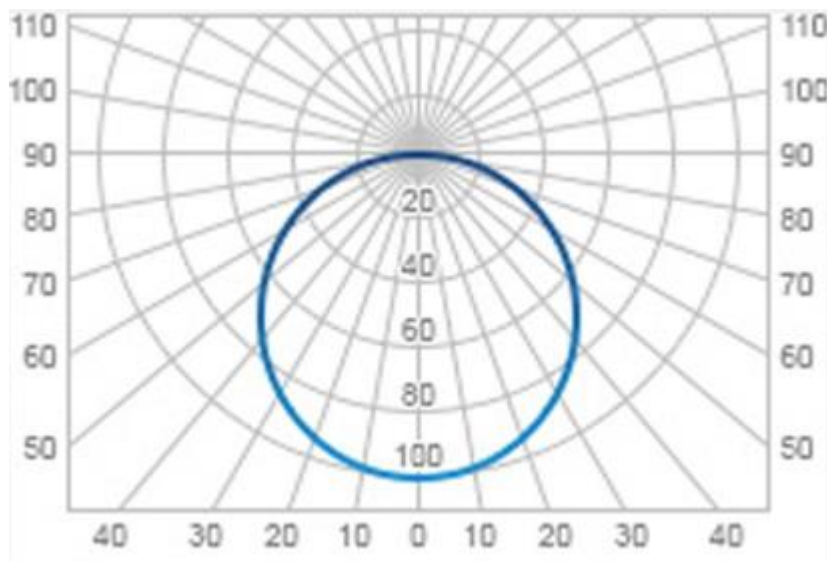


Рисунок 2.6 – Крива сили світла світильника типу Г

Тоді освітленість від кожного світильника розраховується за формулою (2.9):

$$E_1 = E_3 = E_4 = E_6 = \frac{4,8 \cdot 90 \cdot \cos^3(26,5)}{3,6^2} = 23,9 \text{ лк},$$

$$E_2 = E_5 = \frac{4,8 \cdot 98 \cdot \cos^3(15,5)}{3,6^2} = 32,5 \text{ лк}.$$

Сумарна освітленість:

$$E_c = E_1 + E_2 + E_3 + E_4 + E_5 + E_6 = 23,9 \cdot 4 + 32,5 \cdot 2 = 160,6 \text{ лк}.$$

Така освітленість є прийнятною за вимогами по рівню освітленості в 150 лк.

Місячна економія електричної енергії, кВт · год, враховуючи час використання освітлення в даному приміщенні за балансом споживання розраховується за формулою:

$$\Delta W_{\text{осв}} = n \cdot (P_{\text{лр}} - P_{\text{LED}})T, \quad (2.10)$$

де $P_{\text{лр}}$ – потужність старих ламп розжарювання, кВт;

P_{LED} – потужність нових світильників, кВт;

T – час роботи освітлення за місяць, год.

Підставивши дані до формули (2.10), маємо:

$$\Delta W_{\text{осв}} = 6 \cdot (0,100 - 0,040) \cdot 600 = 216 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Економія грошей за місяць:

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta E = \Delta W_{\text{осв}} \cdot T_e = 216 \cdot 5,93977 = 1283 \text{ грн на місяць.}$$

Капітальні витрати на покупку світильників у кількості 6 шт. за ціною 1500 грн складуть $I = 9000$ грн.

Простий термін окупності:

$$T_{\text{осв}} = \frac{9000}{1283} = 7 \text{ місяці} = 0,6 \text{ року.}$$

2.8.3 Встановлення датчиків руху

Поточний стан: в приміщенні машинної зали освітлення працює близько 20 годин на добу, так як знаходиться у підвальному приміщенні і майже не залежить від періоду доби. При цьому робочий персонал знаходиться в залі приблизно по 30 хвилин на годину, тобто 12 годин на добу. Також у приміщеннях розподільчих пунктів освітлення працює по 3 години на добу, що можна скоротити до 1 години.

Опис і розрахунок заходу: пропонується встановити датчики руху в приміщеннях РП та машинній залі.

Використаємо датчик руху LUXEL 0.5W IP20 (MS-03W) (рис. 2.7) [6], за затримкою в часі від 10 секунд до 7 хвилин, дальність виявлення – до 6 метрів.



Рисунок 2.7 – Датчик руху LUXEL 0.5W IP20 (MS-03W)

Розрахунок місячної економії:

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Для приміщення машинної зали:

$$\Delta W = P_{LED} n(T_{\text{існ}} - T_{\text{нов}}) = 0,04 \cdot 6 \cdot (600 - 360) = 57,6 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

- Для приміщень РП:

$$\Delta W = 0,008 \cdot 5 \cdot (100 - 30) = 2,8 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Сумарна економія за місяць:

$$\Delta W_{\text{д}} = 60,4 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Грошова економія за місяць:

$$\Delta E = \Delta W_{\text{д}} T = 60,4 \cdot 5,93977 = 359 \text{ грн на місяць.}$$

Капітальні витрати на датчики руху у кількості 3 шт. за ціною 231 грн складуть $I = 693$ грн.

Простий термін окупності:

$$T_{\text{д}} = \frac{693}{359} = 2 \text{ місяці} = 0,17 \text{ року.}$$

2.8.4 Живлення від одного трансформатора в неопалювальний період

Значення максимального навантаження на мережу, розраховане в підрозділі 2.2 за методом коефіцієнта розрахункового навантаження, визначено за умов роботи всіх електроприймачів на об'єкті, в тому числі і опалювальні прилади. В неопалювальний період потреба в електронагрівачах зникає, зменшується навантаження на мережу. Також навантаження частково зменшено за рахунок попередніх заходів.

Повторивши розрахунок за методом підрозділу 2.2 було визначено навантаження на ТП в неопалювальний період після реалізації заходів:

$$P_{\text{ВН}} = 41,15 \text{ кВт}, Q_{\text{ВН}} = 14,29 \text{ квар}, S_{\text{ВН}} = 43,56 \text{ кВА.}$$

Коефіцієнт завантаження трансформаторів в такому випадку:

$$k_{\text{з.н.}} = \frac{21,78}{50} = 0,43$$

Таке навантаження дозволяє відмовитись від роботи другого трансформатора ТП. При роботі одного трансформатора його коефіцієнт завантаження буде дорівнювати $k_{\text{з.1}} = 0,87$, що є прийнятним.

Місячна економія електроенергії за рахунок відмови від роботи другого

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

трансформатора в неопалювальний період:

$$\Delta W = \Delta W_{\text{тр}} - \Delta W_{\text{тр.1}} = 2 \cdot 179,7 - (0,19 \cdot 720 + 0,87^2 \cdot 1,1 \cdot 116) \\ = 126 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Грошова економія за місяць:

$$E = \Delta W \cdot T = 126 \cdot 5,93977 = 748,4 \text{ грн на місяць}$$

Висновок до розділу 2:

Суттєвими споживачами електричної енергії на об'єкті є насосний агрегат та опалювальні прилади. Розрахункове навантаження на шинах ВН ТП складає 57,54 кВА. Трансформатори, включені на паралельну роботу, завантаженні на 58 %.

Коефіцієнт реактивної потужності за максимального навантаження має значення 0,53, тому було впроваджено захід з встановлення індивідуальної компенсації на двигун насосу. Таким чином коефіцієнт реактивної потужності двигуна було зменшено до 0,25, що зменшує втрати електроенергії за рахунок зниження значення струму.

Освітленість в машинній залі при освітленні лампами розжарювання майже не відповідає вимогам по мінімальній освітленості. Було прийняте рішення замінити наявні лампи на світлодіодні світильники, перевібивши їх на дотримання норми по освітленості. Також досягнуто економії електричної енергії. На додачу до заміни ламп було встановлено датчики руху, що суттєво скорочує час роботи освітлення в даному приміщенні.

Реалізація даних заходів дозволяє в неопалювальний період відмовитись від роботи одного з трансформаторів, що зменшує втрати в трансформаторах на 35 %.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

3.1 Оцінка ефективності роботи джерела теплової енергії

На об'єкті відсутні системи паливо- та теплопостачання.

Основними і єдиними джерелами теплової енергії на об'єкті є електроприлади: конвектори, тепловентилятор, масляні обігрівачі.

Масляні обігрівачі у кількості 2 одиниці, переносні, потужністю 1 кВт, з можливістю регулювання кроком 0.5 кВт, 9 секцій, зображено на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Масляний обігрівач

Тепловентилятор настінний WildWind потужністю 2 кВт, 20 м² площа обігріву, 3 режими роботи: вентиляція, тепле повітря, гаряче повітря; зображений на рисунку 3.2.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА ТА ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ		
Розроб.		Войнич В.А.					
Перевір.		Шовкалюк М.М.					
Реценз.							
Н. Контр.		Черкашина Г.І.					
Затверд.					Лім.		
					Арк.		Аркуші
					40		81
					НН ІЕЕ, кафедра ЕП		



Рисунок 3.2 - Тепловентилятор

Конвектори електричні Underprice у кількості 2 одиниці, настінні, потужністю 2 кВт, 26 м² площа обігріву з механічним регулюванням температури і підтримкою заданої температури +/- 1 °С, зображений на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 - Конвектор

Тепловентилятор встановлено над вікном, що є оптимальним рішенням. Конвектори знаходяться на стінках приміщень, що не є найоптимальнішим розташуванням опалювальних приладів.

Масляні обігрівачі є переносними, але в основному використовуються в приміщенні РП 0.4 кВ.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Повірочний розрахунок теплових навантажень об'єкту

3.2.1 Загальний опис розмірів будівлі

На рисунку 3.4 показано креслення виду зверху першого поверху будівлі. Опалювальні прилади встановленні тільки в побутових приміщеннях. Перший поверх межує знизу з неопалювальними машинною залою та приміщенням над приймальним резервуаром, глибина даних приміщень – 8 метрів. Висота будівлі – 2,92 метри. Вхідні двері до опалювальних приміщень – 1 × 2 метри.

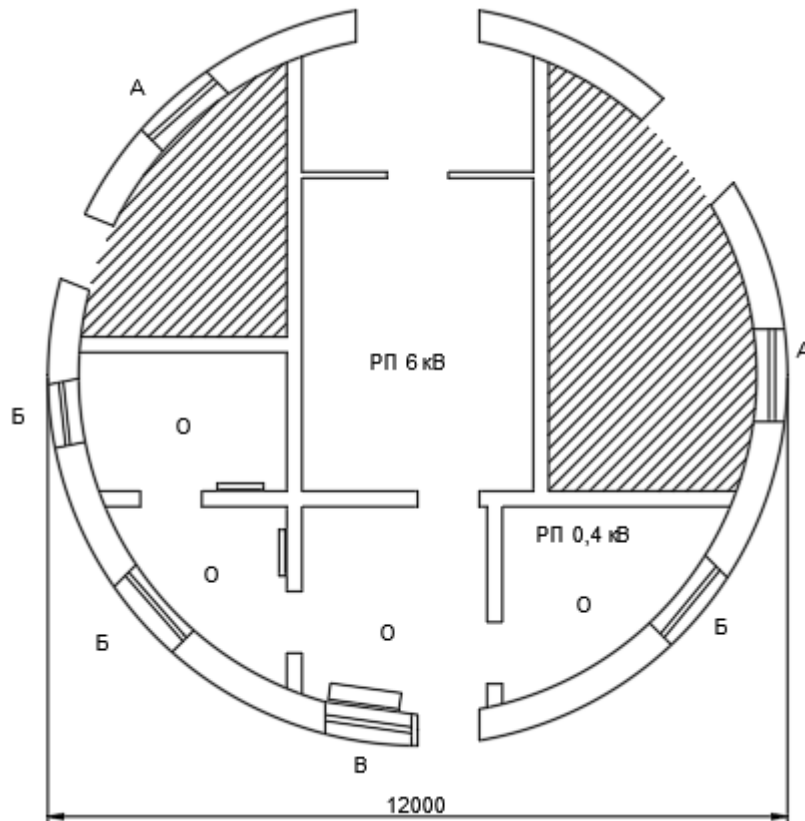


Рисунок 3.4 – Креслення першого поверху будівлі

А, Б, В – типи вікон; О – опалювальні приміщення

Штриховкою показано простір, що межує зі стінами кімнат першого поверху і не має перекриття на підвалом. В цьому просторі над машинною залою знаходяться підйомні крани для обладнання, а також сходинок і оглядовий майданчик.

Всі вікна будівлі – дерев'яні. Класифіковані за розміром (площею). Креслення з вказаними розмірами вікон зображенні на рис. 3.5.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

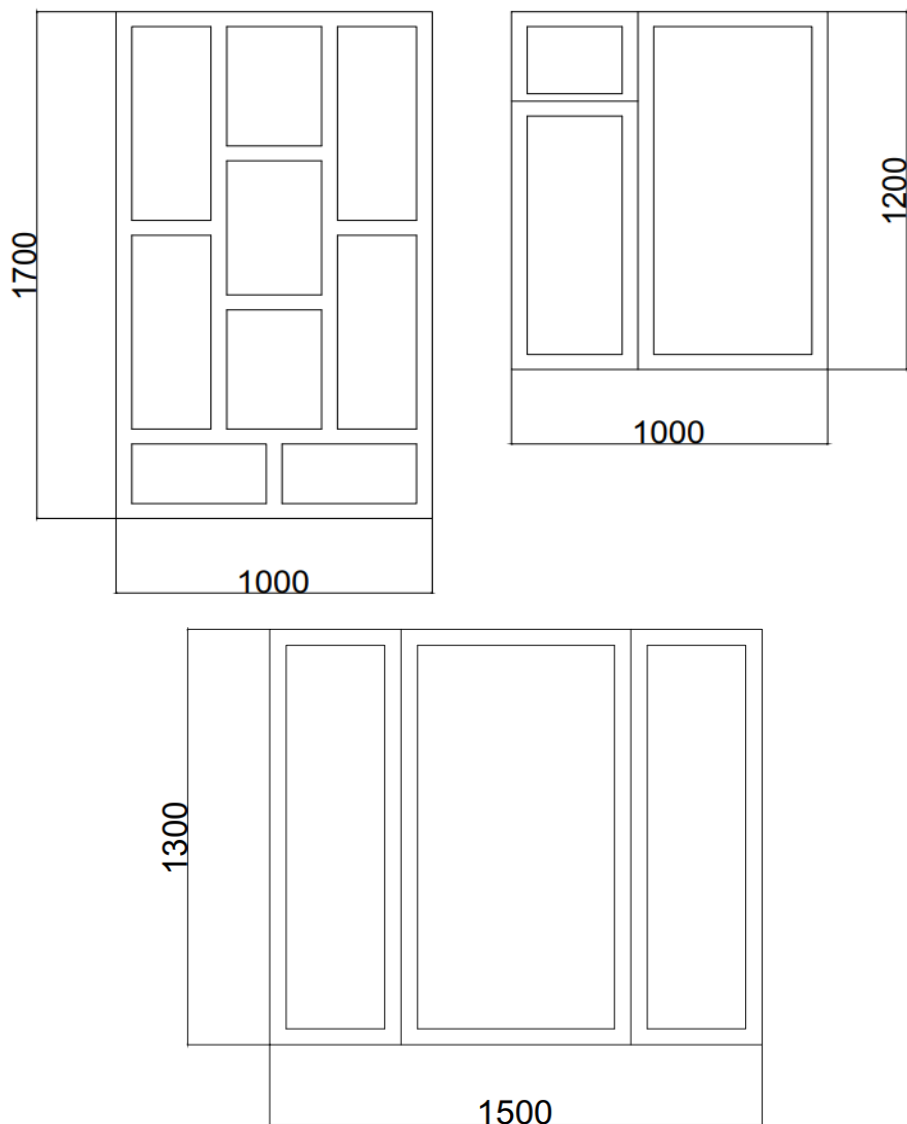


Рисунок 3.5 – Креслення вікон типу А, Б, В відповідно

3.2.2 Розрахунок площ огорожувальних конструкцій, що межують з опалювальними приміщеннями

Розрахунок проводиться згідно з [7].

Площа фасаду будівлі, м^2 , розраховується за формулою:

$$F_{\Phi} = H \cdot 2 \cdot \pi \cdot R_3, \quad (3.1)$$

де H – висота будівлі, м;

R_3 – зовнішній радіус будівлі, м.

Підставивши дані в формулу (3.1), отримаємо:

$$F_{\Phi} = 2.92 \cdot 2 \cdot 3.14 \cdot 6 = 110 \text{ м}^2.$$

Площа фасаду будівлі, що межує з опалювальними приміщеннями, м^2 , розраховується як частина (40%) від площі всього фасаду будівлі за формулою:

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\phi.o} = F_{\phi} \cdot 40\%, \quad (3.2)$$

Після підстановки даних у формулу (3.2), маємо:

$$F_{\phi.o} = 110 \cdot 0,4 = 44 \text{ м}^2.$$

Площі склопрозорих конструкцій типу Б та В, що межують з опалювальними приміщеннями, м^2 , розраховуються за формулами:

$$F_{\text{ск.Б}} = B_1 \cdot B_2 \cdot n_{\text{Б}}, \quad (3.3)$$

$$F_{\text{ск.В}} = B_1 \cdot B_2 \cdot n_{\text{В}}, \quad (3.4)$$

де B_1 та B_2 – відповідно висота та ширина вікна, м;

$n_{\text{Б}}$ – кількість вікон типу Б, шт.;

B_1 та B_2 – відповідно висота та ширина вікна, м;

$n_{\text{В}}$ – кількість вікон типу В, шт.

Підставивши дані у формули (3.3, 3.4), маємо:

$$F_{\text{ск.Б}} = 1,2 \cdot 1 \cdot 3 = 3,6 \text{ м}^2,$$

$$F_{\text{ск.В}} = 1,3 \cdot 1,5 \cdot 1 = 1,95 \text{ м}^2.$$

Площа входних дверей, м^2 :

$$F_{\text{дв}} = 1 \cdot 2 = 2 \text{ м}^2.$$

Площа зовнішніх стін, що межують з опалювальними приміщеннями, м^2 , розраховується за формулою:

$$F_{\text{зс}} = F_{\phi.o} - (F_{\text{ск.Б}} + F_{\text{ск.В}} + F_{\text{дв}}), \quad (3.5)$$

Після підстановки даних в формулу (3.5), отримаємо:

$$F_{\text{зс}} = 44 - (3,6 + 1,95 + 2) = 36,45 \text{ м}^2.$$

Площа внутрішніх стін, що межують з неопалювальним простором над підвалом, м^2 , розраховується за формулою:

$$F_{\text{вс.п}} = (a_1 + a_2) \cdot H, \quad (3.6)$$

де a_1 та a_2 – довжини цих стін, м.

Підставивши дані до формули (3.6), маємо:

$$F_{\text{вс.п}} = (3,35 + 3) \cdot 2,92 = 18,54 \text{ м}^2.$$

Площа стін, що межують з неопалювальним приміщенням з однією зовнішньою стіною, м^2 , розраховується за формулою:

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{вс.пп}} = (b_1 + b_2 + b_3) \cdot H, \quad (3.7)$$

де b_1, b_2 та b_3 – довжини даних стін, м.

Після підстановки даних у формулу (3.7), маємо:

$$F_{\text{вс.пп}} = (2.25 + 1.875 + 0.875) \cdot 2.92 = 14.6 \text{ м}^2.$$

Площа перекриття над неопалювальним підвальним приміщенням, м^2 , розраховується як частина (40%) від площі всього перекриття за формулою:

$$F_{\text{пп}} = \pi \cdot R_3^2 \cdot 40\%, \quad (3.8)$$

Підставивши дані до формули (3.8), отримаємо:

$$F_{\text{пп}} = 3.14 \cdot 6^2 \cdot 0.4 = 45.22 \text{ м}^2.$$

Площа даху над опалювальними приміщеннями дорівнює площі підвального перекриття:

$$F_{\text{дах}} = F_{\text{пп}} = 45.22 \text{ м}^2.$$

3.2.3 Розрахунок опорів теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі

Загальна формула для розрахунку опору теплопередачі конструкції, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, має такий вигляд:

$$R = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (3.9)$$

де $\alpha_{\text{в}}, \alpha_3$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_i – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [8];

n – кількість шарів огорожувальної конструкції, шт.

Зовнішні стіни:

Зовнішні стіни будівлі виконані з двох шарів цегляної кладки з повнотілої силікатної цегли на цементно-піщаному розчині. Проміжок між цими шарами заповнений мінеральною ватою на основі скляного штапельного волокна. З внутрішньої сторони стіни нанесено шар штукатурки.

Опір теплопровідності зовнішніх стін, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, розраховується за

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

формулою:

$$R_{зс} = \frac{1}{8.7} + \frac{\delta_{ц}}{\lambda_{ц}} + \frac{\delta_{в}}{\lambda_{в}} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{1}{23}, \quad (3.10)$$

де $\delta_{ц}, \lambda_{ц}$ – товщина, м, та теплопровідність, Вт/(м · К), шару цегляної кладки;

$\delta_{в}, \lambda_{в}$ – товщина, м, та теплопровідність, Вт/(м · К), шару мінвати;

$\delta_{ш}, \lambda_{ш}$ – товщина, м, та теплопровідність, Вт/(м · К), шару штукатурки.

З формули (3.10) отримаємо:

$$R_{зс} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.360}{0.87} + \frac{0.140}{0.052} + \frac{0.015}{0.87} + \frac{1}{23} = 3.8 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт.}$$

Внутрішні стіни:

Внутрішні стіни будівлі виконані з цегляної кладки та штукатурки з обох сторін.

Опір теплопровідності внутрішніх стін, (м² · К)/Вт, розраховується за формулою:

$$R_{вс} = \frac{1}{8.7} + \frac{\delta_{ц}}{\lambda_{ц}} + \frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{1}{12}, \quad (3.11)$$

де $\delta_{ц}, \lambda_{ц}$ – товщина, м, та теплопровідність, Вт/(м · К), шару цегляної кладки;

$\delta_{ш}, \lambda_{ш}$ – товщина, м, та теплопровідність, Вт/(м · К), шару штукатурки.

Після підстановки даних до формули (3.11), маємо:

$$R_{вс} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.240}{0.87} + \frac{0.015}{0.87} + \frac{1}{12} = 0,49 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт.}$$

Вікна:

На об'єкті всі вікна – дерев'яні. Тип Б та В – з одинарним зашкленням.

Опір теплопередачі таких вікон $R_{в.д} = 0.17 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$

Двері:

Вхідні двері – глухі дерев'яні.

Опір теплопередачі дверей, (м² · К)/Вт, розраховується за формулою:

$$R_{дв} = \frac{1}{8.7} + \frac{\delta_{д}}{\lambda_{д}} + \frac{1}{23}, \quad (3.12)$$

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де δ_d, λ_d – товщина, м, та теплопровідність, Вт/(м · К), дерева (дуб).

За формулою (3.12), отримаємо:

$$R_{дв} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.045}{0.41} + \frac{1}{23} = 0.27 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт.}$$

Перекриття над відвалом:

Основний шар даної конструкції – залізобетон. Також нанесено піщано-цементну стяжку та покладено лінолеум полівінілхлоридний на тканинній основі.

Опір теплопередачі підвального перекриття, (м² · К)/Вт, розраховується за формулою:

$$R_{пп} = \frac{1}{8.7} + \frac{\delta_{зб}}{\lambda_{зб}} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{\delta_l}{\lambda_l} + \frac{1}{12}, \quad (3.13)$$

де $\delta_{зб}, \lambda_{зб}$ – товщина, м, та теплопровідність, Вт/(м · К), залізобетону;

δ_c, λ_c – товщина, м, та теплопровідність, Вт/(м · К), цементно-піщаної стяжки;

δ_l, λ_l – товщина, м, та теплопровідність, Вт/(м · К), лінолеуму.

Підставивши дані до формули (3.13), маємо:

$$R_{пп} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.25}{2.04} + \frac{0.02}{0.93} + \frac{0.003}{0.23} + \frac{1}{12} = 0.58 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт.}$$

Дах:

Основний шар конструкції – залізобетон, покритий цементно-піщаною стяжкою та металевими листами з алюмінієвою основою.

Опір теплопередачі даху, (м² · К)/Вт, розраховується за формулою:

$$R_d = \frac{1}{8.7} + \frac{\delta_{зб}}{\lambda_{зб}} + \frac{\delta_c}{\lambda_c} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{1}{23}, \quad (3.14)$$

де $\delta_{зб}, \lambda_{зб}$ – товщина, м, та теплопровідність, Вт/(м · К), залізобетону;

δ_c, λ_c – товщина, м, та теплопровідність, Вт/(м · К), цементно-піщаної стяжки;

δ_m, λ_m – товщина, м, та теплопровідність, Вт/(м · К), металевих листів.

Після підстановки даних до формули (3.14), отримаємо:

$$R_d = \frac{1}{8.7} + \frac{0.20}{2.04} + \frac{0.02}{0.93} + \frac{0.001}{221} + \frac{1}{23} = 0,28 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт.}$$

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.4 Розрахунок тепловтрат через огорожувальні конструкції

Тепловтрати через зовнішні огорожувальні конструкції будівлі, Вт, розраховуються за формулою:

$$Q_0 = \left(\frac{1}{R} \cdot F \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}) \right) \cdot b_u \cdot (1 + \sum \beta) \quad (3.15)$$

де R – опір теплопередачі огороження, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

F – площа огороження, м^2 ;

$t_{\text{вн}}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря, $t_{\text{вн}} = 18^\circ\text{C}$;

$t_{\text{р.о.}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення, для м. Кривий Ріг: $t_{\text{р.о.}} = -17^\circ\text{C}$ [9];

b_u – поправочний коефіцієнт урахування зменшення розрахункової різниці температур між кондиціонованим на некондиціонованим об'ємом/зоною;

$\sum \beta$ – додаткові втрати теплоти в частках від основних тепловтрат, які враховуються для зовнішніх вертикальних огорожувальних конструкцій будівлі за орієнтацією. Прийmemo, що всі огорожувальні вертикальні конструкції опалювальних приміщень орієнтовані на південь.

Зведемо всі розрахунки за формулою (3.15) у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Тепловтрати через огорожувальні конструкції

Конструкція	$R, (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$	$F, \text{м}^2$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	b_u	$1 + \sum \beta$	$Q, \text{Вт}$
Зовнішні стіни	3.8	36.45	35	1	1	335.7
Внутрішні стіни						
Межують з простором над підвалом	0.49	18.54	35	0.6	1	794,6
Межують з неопалювальним приміщенням	0.49	14.6	35	0.4	1	417,1
Вікна:						
Тип Б	0.17	3.6	35	1	1	741.2
Тип В	0.17	1.95	35	1	1	401.5
Двері	0.27	2	35	1	1	259.2
Підвальне перекриття	0.58	45.22	35	0.3	1	818.6
Дах	0.28	45.22	35	1	1	5652.5
Сумарні втрати теплоти						9420,4

Витрати теплоти на потреби природної інфільтрації, Вт, можна

визначити за формулою:

$$Q_{\text{інф}} = 0,337 \cdot n_{\text{об}} \cdot V \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}), \quad (3.16)$$

де $n_{\text{об}}$ – кратність повітрообміну, год^{-1} ;

V – кондиціонований об'єм приміщення будівлі, м^3 :

$$V = \pi \cdot R_{\text{вн}}^2 \cdot H \cdot 40\% = 3,14 \cdot 5^2 \cdot 2,92 \cdot 0,4 = 91,7 \text{ м}^3.$$

Підставивши дані до формули (3.16), маємо:

$$Q_{\text{інф}} = 0,337 \cdot 1 \cdot 91,7 \cdot (18 - (-17)) = 1081,6 \text{ Вт.}$$

Річна втрата теплоти через огорожувальні конструкції за опалювальний період, $\text{кВт} \cdot \text{год}$, розраховується за формулою:

$$Q_{\text{річ}} = Q_{\Sigma} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \cdot n_o \cdot 24 \cdot 10^{-3}, \quad (3.17)$$

де Q_{Σ} – сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції та на потреби природньої інфільтрації, Вт ;

$t_{\text{с.о.}}$ – середня температура за опалювальний період, $t_{\text{с.о.}} = 0,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

n_o – кількість днів опалювального періоду, шт.

Згідно формули (3.18) маємо:

$$Q_{\text{річ}} = (9420,4 + 1081,6) \cdot \frac{18 - 0,2}{18 - (-17)} \cdot 171 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 21919,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

3.3 Аналіз теплотехнічних характеристик огорожень

Оцінюється значення опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі та порівнюється з нормативними мінімальним значенням значеннями згідно з [10]. Попередньо потрібно розрахувати значення теплової інерції для кожної огорожувальної конструкції згідно з [11].

Для багатошарової конструкції теплова інерція розраховується за формулою:

$$D_{\text{ок}} = \sum_{i=1}^n D_i = R_i \cdot s_i, \quad (3.18)$$

де R_i – опір теплопередачі i -го шару конструкції, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

s_i – коефіцієнт засвоєння, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Порівняння фактичних та нормативних значень наведено в таблиці 3.2.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Фактичні та нормативні значення опорів теплопередачі

Конструкція	Матеріал	Фактичний опір теплопередачі	Нормативний опір теплопередачі
Зовнішні стіни	Цегляна кладки з повнотілої силікатної цегли на цементно-піщаному розчині	3,8	1,7 (при $D = 5,3 > 1,5$)
	Мінеральна вата на основі скляного штапельного волокна		
	Розчин складний (пісок, вапно, цемент)		
Вікна	Дерево	0,17	0,45
Двері	Дерево	0,27	0,6
Дах	Залізобетон	0,28	1,7 (при $D = 2,1 > 1,5$)
	Розчин цементно-піщаний		
	Металеві листи з алюмінієвою основою		
Підвальне перекриття	Залізобетон	0,58	1,9 (при $D = 2,63 > 1,5$)
	Розчин цементно-піщаний		
	Лінолеум полівінілхлоридний на тканинній основі		

За отриманими результатами порівняння можна прийти до висновку, що нормативним вимога відповідає тільки опір теплопередачі зовнішніх стін, але навіть цей показник може бути нижчим за розрахунковий через можливу втрату мінеральної вати своєї цілісності.

Аналізуючи втрати через огорожувальні конструкції, можна дійти висновку, що найбільші втрати мають вікна, підвальне перекриття та дах. Через

підвальне перекриття втрати можуть бути меншими, якщо врахувати, що сам підвал межує знизу і збоку з приймальним резервуаром насосної станції, в який може надходити вода температурою до 70 °С при піковому надходженні.

3.4 Розроблення типових заходів з енергоефективності для суттєвих споживачів теплової енергії

3.4.1 Утеплення даху

Поточний стан

Опір теплопередачі через дах (стелю) не відповідає вимогам по мінімальному опору теплопередачі. Перекриття даху складається з залізобетону товщиною 200 мм, цементно-піщаної стяжки та покрівельним шаром з металевих листів на алюмінієвій основі, що слугує більше для гідроізоляції.

Опис та розрахунок заходу

Одним з основних етапів утеплення даху є вибір теплоізоляційного матеріалу та його товщини. Але в будь-якому випадку, в утепленні обов'язково мають бути гідроізоляційний шар та пароізоляційний шар. Так як дах насосної станції є неексплуатованим, утеплення не потребує додаткового шару цементно-піщаної стяжки з армуванням. Утеплення виконується по всій площі даху $F = 113 \text{ м}^2$. Результат заходу занесено в таблицю 3.3.

Розрахуємо мінімальну товщину теплоізоляційного шару для трьох видів утеплювача: базальтова вата ($\lambda_1 = 0,05 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$), екструдований пінополістирол ($\lambda_2 = 0,036 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$), керамзит ($\lambda_3 = 0,14 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$).

Розрахунок товщини теплоізоляційного шару, м, проводимо за формулою:

$$\delta_i = \left(R_{qmin} - \left(\frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta_{зб}}{\lambda_{зб}} + \frac{\delta_{бп}}{\lambda_{бп}} + \frac{\delta_{бг}}{\lambda_{бг}} + \frac{\delta_p}{\lambda_p} + \frac{1}{\alpha_3} \right) \right) \cdot \lambda_i, \quad (3.19)$$

де R_{qmin} – мінімальний допустимий опір теплопередачі даху, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$\frac{\delta_{бп}}{\lambda_{бп}}$ – опір теплопередачі шару бітуму для пароізоляції, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$\frac{\delta_{бг}}{\lambda_{бг}}$ – опір теплопередачі шару бітуму для гідроізоляції, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\frac{\delta_p}{\lambda_p}$ – опір теплопередачі шару руберойду, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$.

Спростуємо формулу (3.19), підставляючи дані:

$$\delta_i = \left(1,7 - \left(\frac{1}{8,7} + \frac{0,20}{2,04} + \frac{0,004}{0,22} + \frac{0,001}{0,22} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{1}{23} \right) \right) \cdot \lambda_i = 1,39 \cdot \lambda_i.$$

Тоді розраховуємо значення товщини для різних утеплювачів:

$$\delta_1 = 1,39 \cdot 0,05 = 0,0695 \text{ м},$$

$$\delta_2 = 1,39 \cdot 0,036 = 0,05 \text{ м},$$

$$\delta_3 = 1,39 \cdot 0,14 = 0,195 \text{ м}.$$

Мінеральна вата є екологічно чистим продуктом. Є пожежобезпечним, добре пропускає пар, висока щільність (добре для експлуатованих поверхонь), але має велику вагу та порівняно високу ціну.

Пінополістирол є штучним матеріалом, має низьку вагу, відносно дешевий, але є сильно горючим і не пропускає пар.

Керамзит є найбільш економічним варіантом, має високий термін служби, високі показники пожежної безпеки та екологічності.

Як матеріал для теплової ізоляції обирається гравій керамзитовий (рис. 3.6), укладений товщиною шару в 0,2 м.



Рисунок 3.6 – Гравій керамзитовий для утеплення даху

Новий опір теплопередачі даху, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$, розраховується за формулою:

$$R_{\text{н.д.}} = \frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta_{зб}}{\lambda_{зб}} + \frac{\delta_{бп}}{\lambda_{бп}} + \frac{\delta_{к}}{\lambda_{к}} + \frac{\delta_{бг}}{\lambda_{бг}} + \frac{\delta_p}{\lambda_p} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (3.20)$$

де $\frac{\delta_k}{\lambda_k}$ – опір теплопередачі шару керамзиту, (м² · К)/Вт.

Після підстановки даних до формули (3.20) маємо:

$$R_{н.д.} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,20}{2,04} + \frac{0,004}{0,22} + \frac{0,2}{0,14} + \frac{0,001}{0,22} + \frac{0,005}{0,17} + \frac{1}{23} = 1,74 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)/Вт.}$$

Тепловтрати через площу даху, Вт, що межує з опалювальними приміщеннями, за новим опором теплопередачі розраховуються за формулою (3.15):

$$Q_{н.д.} = \left(\frac{1}{R_{н.д.}} \cdot F_d \cdot (t_{вн} - t_{р.о.}) \right) \cdot b_u \cdot (1 + \sum \beta) = \frac{1}{1,74} \cdot 45,22 \cdot 35 = 909,6 \text{ Вт.}$$

Річна економія енергії за рахунок утеплення даху, кВт · год, розраховуються за формулою:

$$\Delta Q_{річ}^{ут.д.} = (Q_d - Q_{н.д.}) \cdot \frac{t_{вн} - t_{с.о.}}{t_{вн} - t_{р.о.}} \cdot n_o \cdot 24 \cdot 10^{-3}, \quad (3.21)$$

де Q_d – тепловтрати через існуючий дах, Вт.

Підставивши дані до формули (3.21), маємо:

$$\Delta Q_{річ}^{ут.д.} = (5652,5 - 909,6) \cdot \frac{18 - 0,2}{18 - (-17)} \cdot 171 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 9899,3 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Враховуючи, що на опалення витрачається електроенергія, при тарифі $T_e = 5,93977$ грн за кВт · год (підрозділ 1.5), економія грошових коштів за рік складе:

$$\Delta E = \Delta Q_{річ}^{ут.д.} \cdot T_e = 9899,3 \cdot 5,93977 = 58799,6 \text{ грн на рік.}$$

Простий термін окупності, враховуючи, що капітальні витрати при утепленні плоского даху складають $I = 1600$ грн за м², а площа утеплення $F = 113$ м²:

$$T_{ок}^{ут.д.} = \frac{I \cdot F}{\Delta E} = \frac{1600 \cdot 113}{58799,6} = 3,07 \text{ років.}$$

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Захід з утеплення даху

Параметр	Значення
Опір теплопередачі існуючого даху	0,28 (м ² · К)/Вт
Нормативний мінімальний опір теплопередачі даху	1,7 (м ² · К)/Вт
Основний теплоізоляційний матеріал	Гравій керамзитовий, товщина шару – 0,2 м
Опір теплопередачі утепленого даху	1,74 (м ² · К)/Вт
Економія енергії за опалувальний період	9899,3 кВт · год на рік
Річна грошова економія від впровадження заходів	58799,6 грн на рік
Капітальні вкладення	180800 грн
Простий термін окупності	3,07 років

3.4.2 Заміна дерев'яних вікон на металопластикові

Поточний стан

На об'єкті встановлено дерев'яні вікна з одинарним склінням. Опір теплопередачі таких вікон $R_b = 0,17$ (м² · К)/Вт при нормативному значенні $R_{qmin} = 0,45$ (м² · К)/Вт.

Опис та розрахунок заходу

Пропонується підняти значення опору теплопередачі вікон до нормативного шляхом заміни дерев'яних вікон на металопластикові. Результат заходу занесено в таблицю 3.4.

Втрати теплоти через вікна:

- Існуючої будівлі (табл. 3.1):

$$Q_{b,ich} = 741,2 + 401,5 = 1142,7 \text{ Вт.}$$

- Після заміни вікон:

$$Q_{b,нов} = \frac{1}{R_{нов}} \cdot F_b \cdot \Delta t = \frac{1}{0,45} \cdot (3,6 + 1,95) \cdot 35 = 431,7 \text{ Вт.}$$

Скорочення споживання теплової енергії, Вт, за рахунок заміни дерев'яних вікон розраховується за формулою:

$$\Delta Q_b = \Delta Q_1 + \Delta Q_2, \quad (3.22)$$

де ΔQ_1 – економія енергії за рахунок зменшення теплопередачі;

ΔQ_2 – скорочення споживання теплової енергії за рахунок зменшення інфільтрації.

$$\Delta Q_1 = (Q_{\text{в.існ}} - Q_{\text{в.нов}}),$$

$$\Delta Q_2 = 0,337 \cdot \Delta n_{\text{об}} \cdot V \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}),$$

Прийmemo $\Delta n_{\text{об}} = 0,1 \text{ год}^{-1}$.

За формулою (3.22) отримаємо:

$$\Delta Q_{\text{в}} = 1142,7 - 431,7 + 0,337 \cdot 0,1 \cdot 91,7 \cdot 35 = 819,2 \text{ Вт.}$$

Річна економія енергії, кВт · год, за рахунок заміни вікон розраховується за формулою:

$$\Delta Q_{\text{річ}}^{\text{в}} = \Delta Q_{\text{в}} \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \cdot n_{\text{о}} \cdot 24 \cdot 10^{-3}, \quad (3.23)$$

Підставивши дані до формули (3.23), отримаємо:

$$\Delta Q_{\text{річ}}^{\text{в}} = 819,2 \cdot \frac{18 - 0,2}{18 - (-17)} \cdot 171 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 1709,8 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Враховуючи, що на опалення витрачається електроенергія, при тарифі $T_e = 5.93977$ грн за кВт · год (підрозділ 1.5), економія грошових коштів за рік складе:

$$\Delta E = \Delta Q_{\text{річ}}^{\text{в}} \cdot T_e = 1709,8 \cdot 5,93977 = 10155,8 \text{ грн на рік.}$$

Простий термін окупності, враховуючи, що капітальні витрати при заміні старих вікон на нові складають $I = 3500$ грн за м², а площа вікон, що замінюються $F = 5,55$ м²:

$$T_{\text{ок}}^{\text{ут.д.}} = \frac{I \cdot F}{\Delta E} = \frac{3500 \cdot 5,55}{10155,8} = 1,9 \text{ років.}$$

Таблиця 3.4 – Захід з заміни дерев'яних вікон

Параметр	Значення
Опір теплопередачі існуючих вікон	0,17 (м ² · К)/Вт
Нормативний мінімальний опір теплопередачі вікон	0.45 (м ² · К)/Вт
Загальна площа заміненних дерев'яних вікон	5,55 м ²
Економія енергії за опалювальний період	1709,8 кВт · год на рік
Річна грошова економія від впровадження заході	10155,8 грн на рік
Капітальні вкладення	19425 грн
Простий термін окупності	1,9 років

3.4.3 Встановлення рекуператора теплової енергії в систему вентиляції

Поточний стан

При заміні старих вікон на нові, металопластикові, порушується повітрообмін. Пристрій вентиляції, тепловентилятор, встановлені тільки в одній кімнаті опалювального приміщення, чого буде не достатньо для підтримки нормального рівня повітрообміну. Через це в приміщеннях може з'явитися грибок, стан повітря може стати некомфортним.

Опис та розрахунок заходу

Пропонується в приміщенні кухні встановити пристрій системи вентиляції, що працює за припливно-витяжною системою. При цьому в пристрої відбувається рекуперація тепла. За рахунок тепла внутрішнього «відпрацьованого» повітря, яке витягується на зовні, відбувається підігрів зовнішнього чистого повітря, що надходить до приміщення через пристрій (рис. 3.7).



Рисунок 3.7 – Рекуператор PRANA 150

Даний пристрій [12] вмонтовується в спеціально вирізаний отвір в стіні. Діаметр отвору – 150 мм. Пристрій повинен бути встановлений під кутом 3-5

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

градусів по горизонталі, як вказано на рисунку 3.8.

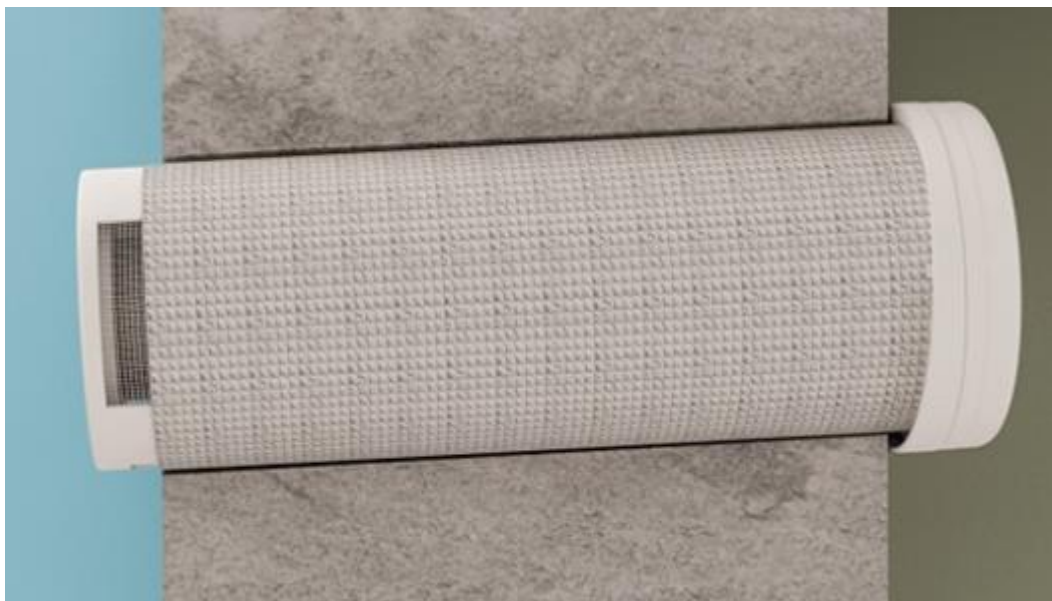


Рисунок 3.8 – Розташування рекуператора в стіні

Економічний ефект досягається шляхом зменшення витрати теплоти на інфільтрацію в приміщенні, в якому встановлено рекуператор. Результат заходу занесено до таблиці 3.5.

Розрахувати економічний ефект, Вт, від встановлення рекуператора в приміщенні кухні можна за такою формулою:

$$\Delta Q_P = Q_{\text{інф}}^K \cdot \eta = 0,337 \cdot n_{\text{об}}^K \cdot V^K \cdot \Delta t \cdot \eta, \quad (3.24)$$

де $n_{\text{об}}^K$ – кратність повітрообміну в приміщенні кухні, прийmemo $n_{\text{об}}^K = 0,9 \text{ год}^{-1}$;

V^K – об'єм приміщення кухні, приблизно дорівнює $V^K = 50 \text{ м}^3$;

η – ККД рекуператора.

Після підстановки значень до формули (3,24) маємо:

$$\Delta Q_P = 0,337 \cdot 0,9 \cdot 50 \cdot 35 \cdot 0,75 = 398,1 \text{ Вт.}$$

Річна економія енергії, кВт · год, за рахунок встановлення рекуператора в приміщенні кухні розраховується за формулою:

$$\Delta Q_{\text{річ}}^P = \Delta Q_P \cdot \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \cdot n_o \cdot 24 \cdot 10^{-3}, \quad (3.25)$$

Підставивши дані до формули (3.25), отримаємо:

$$\Delta Q_{\text{річ}}^P = 398,1 \cdot \frac{18 - 0,2}{18 - (-17)} \cdot 171 \cdot 24 \cdot 10^{-3} = 831 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи, що на опалення витрачається електроенергія, при тарифі $T_e = 5.93977$ грн за кВт · год (підрозділ 1.5), економія грошових коштів за рік складе:

$$\Delta E = \Delta Q_{\text{річ}}^P \cdot T_e = 831 \cdot 5,93977 = 5530 \text{ грн на рік.}$$

Простий термін окупності, враховуючи, що капітальні витрати встановленні рекуператора складають $I =$ ціна рекуператора + буріння отвору + установка рекуператора = $12732 + 2671 + 700 = 17103$ грн, становить:

$$T_{\text{ок}}^{\text{ут.д.}} = \frac{I}{\Delta E} = \frac{17103}{5530} = 3,1 \text{ років.}$$

Таблиця 3.5 – Захід з встановлення рекуператора теплової енергії

Параметр	Значення
Об'єм приміщення	50 м ³
Економія енергії за опалювальний період	831 кВт · год на рік
Річна грошова економія від впровадження заходів	5530 грн на рік
Капітальні вкладення	17103 грн
Простий термін окупності	3,1 років

Висновок до розділу 3:

Після розрахунку опорів теплопередачі огорожувальних конструкцій, порівняння їх з нормативними значеннями, розрахунку втрат через огорожувальні конструкції, можна зробити висновок, що нормативному значенні по опору теплопередачі відповідають тільки зовнішні стіни, а аналізуючи втрати через огорожувальні конструкції були прийнято рішення впровадити заходи по утепленню даху та заміні дерев'яних вікон на металопластикові. Після впровадження цих заходів втрати теплоти було зменшено на 50 %.

Після встановлення металопластикових вікон була зменшена кратність повітрообміну в приміщеннях будівлі, що примушує встановлювати додаткову систему вентиляції або просто відкривати вікно. Але було прийнято більш економічне рішення – встановити систему вентиляції з рекуператором теплоти, що дозволяє зменшити витрати на інфільтрацію на 75 %.

4 СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ОБ'ЄКТУ

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

На об'єкті відсутня система енергетичного менеджменту.

Загальні вимоги: Організація повинна встановити, впровадити, підтримувати і постійно покращувати систему управління енергоефективністю. Це означає, що організація повинна мати визначену політику енергоефективності, встановлені цілі та плани, виконувати оцінку енергетичного стану, розробляти заходи для покращення енергоефективності та здійснювати контроль.

Загальні вимоги щодо планування: Організація повинна встановити процеси для визначення енергетичного стану, встановлення цілей, планування заходів та визначення відповідальності за їх виконання. Важливо враховувати правові, регуляторні та інші вимоги, що стосуються енергоефективності.

Загальні вимоги щодо реалізації та функціонування: Організація повинна забезпечити належну реалізацію планів і заходів щодо енергоефективності. Це включає впровадження процедур контролю, навчання та свідомості працівників, визначення ресурсів та забезпечення потрібних змін в інфраструктурі.

Загальні вимоги щодо оцінки результатів: Організація повинна здійснювати оцінку ефективності своїх заходів з енергоефективності, зокрема, шляхом вимірювання, моніторингу та аналізу показників енергоспоживання та результатів досягнення поставлених цілей. Важливо також виконувати оцінку відповідності законодавчим та регуляторним вимогам.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СИСТЕМА ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ	Лім.	Арк.	Аркуші	
Розроб.		Войнич В.А.							
Перевір.		Черкашина Г.І.					59	81	
Реценз.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП			
Н. Контр.		Черкашина Г.І.							
Затверд.									

Загальні вимоги щодо покращення: Організація повинна постійно покращувати свою енергоефективність шляхом впровадження корекційних заходів на основі результатів оцінки та аналізу. Це може включати розробку нових технологій, застосування кращих практик, залучення персоналу та сприяння інноваціям.

Загальні вимоги щодо документації: Організація повинна вести відповідну документацію, яка охоплює політику енергоефективності, цілі, плани, процедури та інші відомості, пов'язані з управлінням енергоефективністю.

Загальна мета ДСТУ ISO 50001:2020 [13] – забезпечення системного підходу до управління енергоефективністю, зниження енергоспоживання, покращення енергетичної продуктивності та зменшення викидів парникових газів. Вимоги стандарту сприяють підприємствам та організаціям вдосконаленню їхньої енергоефективності, зниженню витрат на енергію і покращенню сталості енергозабезпечення.

4.2 Визначення базового рівня споживання електроенергії та показників енергоефективності на рівні всього об'єкту

Базовий рівень енергоспоживання (БРЕ) — це кількісний показник для обчислення економії енергії, що застосовується як точка відліку для відображення ситуації до і після впровадження заходів з енергоефективності, шляхом порівняння рівнів досягнутої та досяжної енергоефективності. Його можна визначити, використовуючи показники енергоефективності для виробничих підрозділів, систем, процесів або обладнання та підприємства в цілому. БРЕ встановлюють для певного проміжку часу, що називається періодом дії базового рівня [14].

Базові рівні енергоспоживання можуть бути встановлені у вигляді таких типів:

- тип 1 – як константа: $W = \text{const}$;
- тип 2 – як однофакторне лінійне рівняння регресії: $W = c_0 + c_1X$;
- тип 3 – як багатофакторне лінійне рівняння регресії: $W = c_0 + c_1X_1 + \dots$

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

+ σX_n ;

- тип 4 – як однофакторне або багатфакторне нелінійне рівняння регресії.

У 99 % випадках базові рівні енергоспоживання встановлюються у вигляді перших трьох типів.

Якщо на енергоспоживання суттєво впливає один або декілька чинників, то БРЕ встановлюється у вигляді рівняння однофакторної чи багатфакторної лінійної регресії (методом регресійного аналізу). В цьому випадку БРЕ описується рівнянням регресії обсягу споживання підприємством палива та/або енергії залежно від чинників, які найбільш суттєво впливають на цю величину.

Для встановлення базового рівня енергоспоживання проводиться регресійний аналіз на основі даних по споживанню електричної енергії та обсягів перекачаних стічних вод помісячно за 2022 рік (табл. 4.1). Для полегшення обчислень застосуємо пакет MS Excel «Аналіз даних».

Таблиця 4.1 – Дані для встановлення БРЕ за 2022 рік

2022		
Місяць	W, кВт·год	Q, м ³
Січень	6984	24860
Лютий	6876	32246
Березень	5976	22630
Квітень	2754	22538
Травень	3744	15214
Червень	3060	19985
Липень	2646	22957
Серпень	1854	23129
Вересень	2610	20154
Жовтень	3132	24320
Листопад	3240	21386
Грудень	4302	22788

Результати аналізу показано на рисунку 4.1.

SUMMARY OUTPUT								
<i>Regression Statistics</i>								
Multiple R	0,535072151							
R Square	0,286302207							
Adjusted R Square	0,214932428							
Standard Error	1542,05542							
Observations	12							
<i>ANOVA</i>								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>			
Regression	1	9539163,814	9539163,814	4,011532755	0,073036496			
Residual	10	23779349,19	2377934,919					
Total	11	33318513						
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95,0%</i>	<i>Upper 95,0%</i>
Intercept	-1436,810977	2717,009232	-0,528820793	0,608466396	-7490,684808	4617,062854	-7490,684808	4617,062854
X Variable 1	0,236657146	0,118158359	2,002881113	0,073036496	-0,026616085	0,499930377	-0,026616085	0,499930377

Рисунок 4.1 – Регресійний аналіз даних

Значенні «R Square» знаходиться в діапазоні від 0,6 до 0, що вказує на слабку кореляційну залежність.

За показником «Significance F» можна зробити висновок, що побудована модель є значущою.

Обрана змінна Q має значення «P-value» менше 0,1 – цей фактор значно впливає на споживання електроенергії.

За результатом аналізу даних отримаємо рівняння базового рівня енергоспоживання:

$$W = -1436,810977 + 0,236657146 \cdot Q.$$

За допомогою методу «КУСУМ» можна дослідити відхилення споживання електричної енергії від базового рівня споживання. Дані для складання графіка «КУСУМ» наведено в таблиці 4.2. Графік наведено на рисунку 4.2.

Таблиця 4.2 – Дані для побудови графіку фактичного споживання електричної енергії, БРЕ

W, кВт·год	Q, м³	W БРЕ	W-W БРЕ	КУСУ М
6984	24860	4446,5	2537,5	2537,5
6876	32246	6194,4	681,6	3219,1
5976	22630	3918,7	2057,3	5276,3
2754	22538	3897,0	-1143,0	4133,4
3744	15214	2163,7	1580,3	5713,7
3060	19985	3292,8	-232,8	5480,9
2646	22957	3996,1	-1350,1	4130,8
1854	23129	4036,8	-2182,8	1947,9
2610	20154	3332,8	-722,8	1225,2
3132	24320	4318,7	-1186,7	38,5
3240	21386	3624,3	-384,3	-345,9
4302	22788	3956,1	345,9	0,0

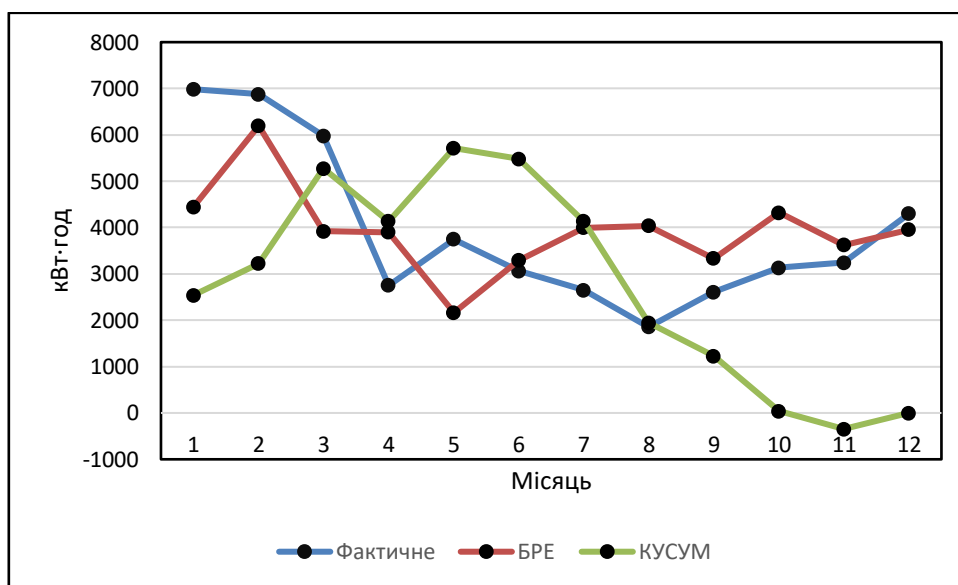


Рисунок 4.2 – Графік фактичного споживання електроенергії, БРЕ, КУСУМ

4.3 Планування впровадження заходів з енергоефективності, запропонованих в розділах 2 та 3

В підрозділі розробляється планування впровадження заходу з встановлення рекуператора в систему вентиляції побутових приміщень об'єкту.

4.3.1 Цілі та задачі проєкту, ситуаційний аналіз

Задачею проєкту по встановленню рекуператора теплової енергії в

системі вентиляції є зменшення витрати енергії на інфільтрацію опалювальних приміщень.

Ситуаційний аналіз представлено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Аналіз сильних, слабких сторін проєкту.

Сильні сторони	Слабкі сторони
Додаткова система вентиляції	Додатковий шум в приміщенні
Зменшення витрат на інфільтрацію	Фактичний ККД рекуперації може бути меншим за вказаний
Відносна легкість реалізації	Можливий збій у програмному забезпеченні, судячи з відгуків

4.3.2 Аналіз ринку рекуператорів теплової енергії в системах вентиляції

З усіх факторів на вибір рекуператора особливо важливі такі [15]:

- Продуктивність (або витрата повітря на притоці та витяжці) в м3/годину (за припливом мінімум 30 м3/година). Плюси: регулювання витрати та наявність енергоефективного ЕС-вентилятора, а також перевищення подачі повітря над витяжкою.
- Організація роботи: прямоточний, протиточний чи реверсивний принцип подачі/витяжки повітря. Реверсивні моделі зазвичай встановлюють парами.
- Конструкція теплообмінника: мідний з антибактеріальними властивостями, керамічний із відмінною теплоакумуючою здатністю або ентальпійний паперовий (з целюлози) для обміну теплом та вологою повітря.
- Догрівання повітря або теплообмінника – для стійкої роботи при низьких температурах.
- Фільтрування повітря: кількість та якість фільтрів на подачі та при видаленні повітря.
- Якість складання та відсутність протягів. Наявність зворотного клапана.
- Низький рівень шуму, наявність нічного режиму.

- Можливості автоматики: керування за датчиками вологості, температури, концентрації CO₂, тиску, наявність автоматичного режиму, керування контролером декількома установками, дистанційне через пульт або WiFi-керування.

- Чи є необхідність відведення конденсату.
- Чи можлива чиста установка, чи залучення фахівців для зовнішніх висотних робіт.
- Чи є рекламачії покупців на моделі, що вибираються.
- Низький рівень власного шуму, ізоляція вуличного шуму.
- Високий ККД теплообміну та обмеження по поверховості будівлі.

Ринок рекуператорів теплової енергії в системах вентиляції і кондиціонування є сильно розвиненим ринком, що має велику актуальність і попит. По кожному з вище наведених факторів можна підібрати потрібний рекуператор.

4.3.3 Фінансовий розрахунок

Теплотехнічний розрахунок заходу здійснено у пункті 3.4.3. В даному пункті широко розглядається фінансово-економічна сторона даного заходу.

Термін експлуатації рекуператора теплової енергії – 10 років. За цим показником встановлюємо часовий горизонт проєкту.

Розрахунок капітальних витрат показано в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Капітальні витрати на реалізацію заходу

Назва послуги	Ціна, грн
Рекуператор PRANA 150	12732
Буріння отвору в стіні, алмазне буріння	2671
Установка рекуператора	700
Капітальні витрати	17103

Експлуатаційні витрати відсутні, ставка дисконтування – 18 %.

Розрахунок фінансових показників здійснюється за допомогою MS Excel. Дані розрахунків зведено до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Фінансовий розрахунок проекту

Рік	Капітал. витрати, грн	Експлуат. витрати, грн	Економія, грн	Грошовий потік, грн	Кумулят. Грошовий потік, грн	$K_i, i = 25\%$	Дисконт. Грошовий потік, грн	Дисконт. Кумулят. Грошовий потік, грн
0	17103	0	0	-17103	-17103	1,00	-17103	-17103
1	0	0	5530	5530	-11573	0,80	4424	-12679
2	0	0	5530	5530	-6043	0,64	3539	-9140
3	0	0	5530	5530	-513	0,51	2831	-6308
4	0	0	5530	5530	5017	0,41	2265	-4043
5	0	0	5530	5530	10547	0,33	1812	-2231
6	0	0	5530	5530	16077	0,26	1450	-782
7	0	0	5530	5530	21607	0,21	1160	378
8	0	0	5530	5530	27137	0,17	928	1306
9	0	0	5530	5530	32667	0,13	742	2048
10	0	0	5530	5530	38197	0,11	594	2642

Простий термін окупності – 3 роки 1 місяць.

Дисконтований термін окупності – 6 років 8 місяців.

Чиста приведена вартість – 2642 грн. > 0 грн. – проект прийнятний.

Внутрішня норма рентабельності – 29,5 % > 25 % – проект прийнятний.

Висновок до розділу 4:

На підприємстві відсутня система енергетичного менеджменту.

Було встановлено базовий рівень енергоспоживання для поліпшення та оцінювання споживання електричної енергії для знаходження місць перевитрат та поліпшення оцінювання рівня досягнутої економії після впровадження заходів по енергоефективності. Було виконано фінансове планування та розрахунок декількох фінансових показників для заходу з встановлення рекуператора в систему вентиляції приміщень.

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

Відновлювана енергетика – енергія, отримана з відновлюваних джерел енергії. Вона поділяється на: сонячну, вітрову, біоенергетичні, гідроенергетичну, геотермальну та енергію довкілля. Напрямок на відновлювану енергетику вважається однією з головних перспектив на майбутнє людства.

За представленим вище поділом можна розглянути перспективи використання відновлюваної енергетики на підприємстві.

Сонячна енергетика

Для оцінки перспектив використання сонячної енергії на об'єкті потрібно визначити кліматичні умови.

Об'єкт знаходиться в місті Кривий Ріг, Україна. Координати насосної станції – 47°57'03" пн. ш., 33°28'59" сх. д., висота над рівнем моря – 105 м. Середня температура за рік складає 9,8 °С. Мінімальна середня температура досягається в січні – -3,6 °С, максимальна середня температура досягається в липні – 23,1 °С. Помірно-континентальний клімат. Сумарна кількість радіації, що надходить на горизонтальну поверхню – 2233,6 МДж/м².

Умови для використання сонячної енергії оптимальні.

За допомогою програмного середовища PVsyst розраховуємо автономну сонячну фотоелектричну станцію для побутових потреб (для побутових приладів та внутрішнього освітлення, без опалення (рис. 5.3)). Результат розрахунку показано на рисунку 5.1.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Войнич В.А.			ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАСТОСУВАННЯ ВТОРИННИХ ТА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ОБ'ЄКТІ			Літ.	Арк.	Аркуші	
Перевір.		Черкашина Г.І.								67	81
Реценз.								НН ІЕЕ, кафедра ЕП			
Н. Контр.		Черкашина Г.І.									
Затверд.											

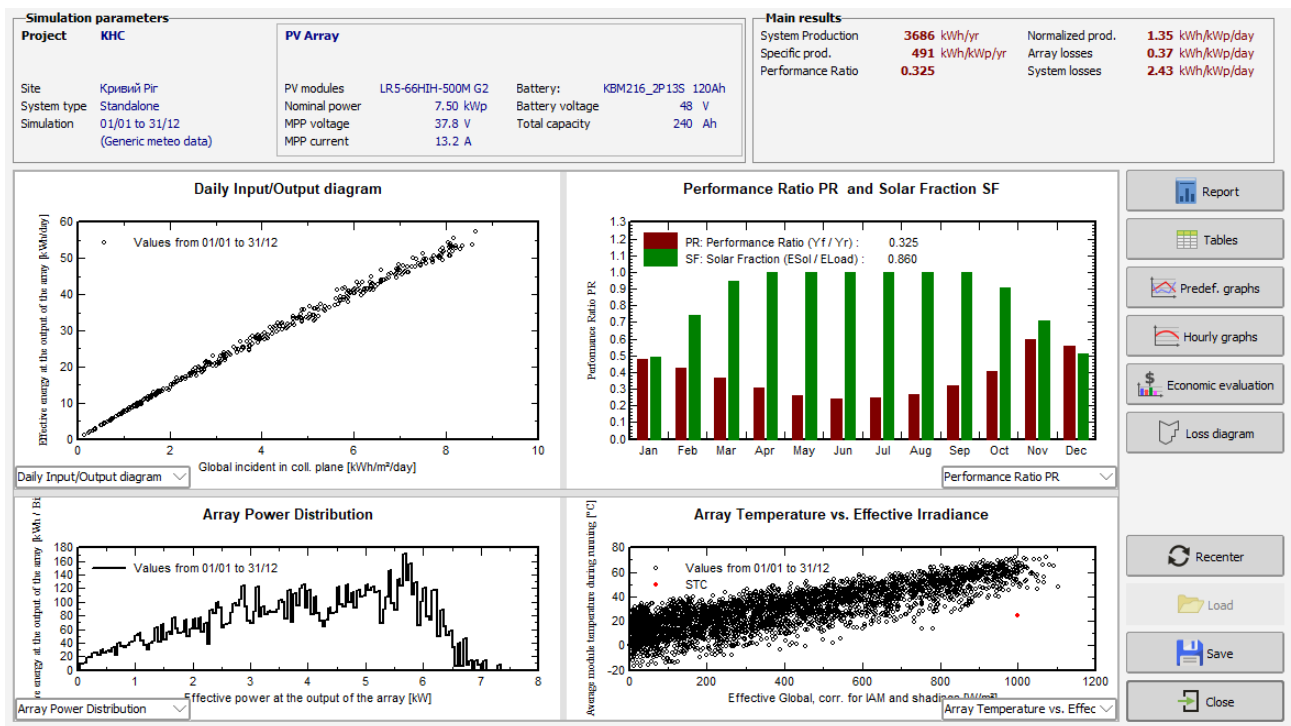


Рисунок 5.1 – Імітація моделі автономна сонячної фотоелектричної станції потужністю 5 кВт

Технічні характеристики сонячної станції показано на рисунку 5.2.

PV Array Characteristics			
PV module		Battery	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	LR5-66HIH-500M G2	Model	KBM216_2P13S 120Ah
(Original PVsyst database)		Technology	Lithium-ion, NMC
Unit Nom. Power	500 Wp	Nb. of units	2 in parallel
Number of PV modules	15 units	Discharging min. SOC	10.0 %
Nominal (STC)	7.50 kWp	Stored energy	10.3 kWh
Modules	5 Strings x 3 In series	Battery Pack Characteristics	
At operating cond. (50°C)		Voltage	48 V
Pmpp	6.87 kWp	Nominal Capacity	240 Ah (C10)
U mpp	103 V	Temperature	Fixed 20 °C
I mpp	66 A	Battery Management control	
Controller		Threshold commands as	Battery voltage
Manufacturer	Generic	Charging	61.2 / 55.5 V
Model	Tristar TS MPPT 30 - 48V	Discharging	47.5 / 50.6 V
Nb. units	3 units		
Technology	MPPT converter		
Temp coeff.	-5.0 mV/°C/Elem.		
Converter			
Maxi and EURO efficiencies	98.5 / 97.7 %		
Total PV power			
Nominal (STC)	8 kWp		
Total	15 modules		
Module area	35.6 m²		
Cell area	33.0 m²		

Рисунок 5.2 – Технічні характеристики станції

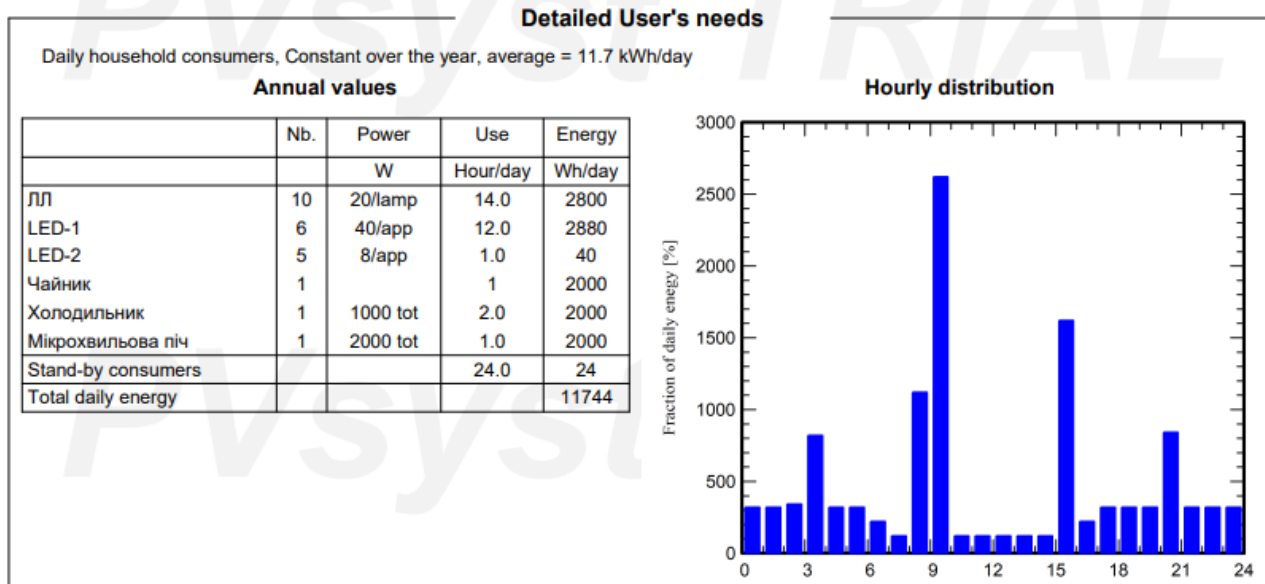


Рисунок 5.3 – Погодинне потреба в електроенергії відповідних споживачів
Вітроенергетика та гідроенергетика

Для таких видів відновлювальних джерел розташування підприємства не є оптимальним. Поряд немає великих водоймищ, річок, гір.

Геотермальна енергетика

Як зазначалося раніше, до приймального резервуару насосної станції надходить вода, яка приймала участь у виробничих процесах підприємств-абонентів. Тому після участі в таких процесах, вода залишається гарячою, на рівні 40-70 °C. Також на даних підприємствах присутні пристрої для нагріву води, для побутових цілей.

Можна запропонувати встановити тепловий насос, який буде забирати тепло від води з приймального резервуару та гріти холодну воду для господарсько-побутових потреб.

Висновок до розділу 5:

Місце розташування об'єкту стосовно кліматичної зони та характеру забудови навколишнього середовища дає змогу встановити на підприємстві сонячну фотоелектричну станцію, що дозволяє зекономити трохи більше місячної витрати електроенергії за один рік. Сонячна електростанція в середньому генерує 17 кВт·год електричної енергії за добу, що дозволяю забезпечити електроенергією більшість побутових споживачів.

Також є варіант використання теплоти від стічних вод на потреби гарячої води за рахунок встановлення теплового насосу, який буде збирати тепло від приймального резервуару і нагрівати холодну воду водопостачання для господарсько-побутових потреб.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС МОНТАЖУ УСТАНОВКИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

6.1 Загальна характеристика об'єкта

Основними споживачами електричної енергії на каналізаційні насосній станції є насосні установки. Для роботи таких установок використовуються трифазні асинхронні двигуни. Асинхронні двигуни є великим споживачем реактивної потужності, яка витрачається на створення магнітних полів і не виконує корисної роботи. Але такий вид потужності можна компенсувати за рахунок встановлення конденсаторних батарей. Повний розрахунок даного заходу показано у підпункті 2.8.1.

Розрізняють три типи компенсації: загальна (встановлюється на ТП), групова, індивідуальна (встановлюється безпосередньо перед навантаженням). Схемні рішення даних типів компенсації зображено на рисунку 6.1.

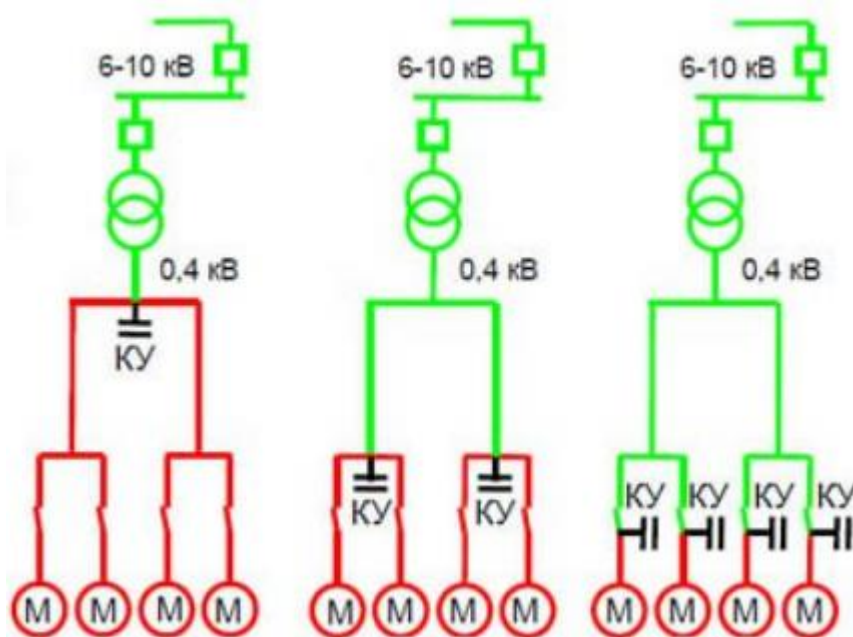


Рисунок 6.1 – Способи компенсації реактивної потужності

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ПІД ЧАС МОНТАЖУ УСТАНОВКИ КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ			Лім.	Арк.	Аркушів		
Розроб.		Войнич В.А.								71	81	
Перевір.		Третьякова Л.Д.						НН ІЕЕ, кафедра ЕП				
Реценз.												
Н. Контр.		Черкашина Г.І.										
Затверд.												

Установка компенсації встановлюється в машинній залі як пристрій індивідуальної компенсації двигуна насосної установки. Згідно з пунктом 5.6.26 [16], конденсаторні установки можна розміщувати в основних і допоміжних виробничих приміщеннях, віднесених до категорій Г і Д, згідно з [17].

Показники загальної характеристики конденсаторного пристрою надано у таблиці 6.1, технічні показники у таблиці 6.2 [18].

Таблиця 6.1 – Загальна характеристика ЕУ

Найменування ЕУ	Вид розміщення	Розміщення робочого місця	Категорія електроприміщення	Категорія з пожежної безпеки
1	2	3	4	5
УКРМ-0,4-10/5	Внутрішнє ЕУ	Машинна зала, на глибині 7-8 метрів	Приміщення без підвищеної небезпеки	Категорія Д

Таблиця 6.2 – Технічна характеристика ЕУ

Найменування та марка ЕУ	Параметр	Числове значення
Конденсаторна установка УКРМ-0,4-10/5	Номинальна напруга живлення	400 В
	Частота живлення	50 Гц
	Номинальна потужність	10 квар
	Кількість ступенів регулювання	2
	Мінімальна ступінь регулювання	5 квар

6.2 Обсяг і послідовність роботи по встановленню пристрою компенсації реактивної потужності

Послідовність виконання робіт, час виконання, способи доставки та рівень кваліфікації електротехнічних працівників вказано в таблиці 6.3. Реалізація даного заходу триває від представлення проєктного рішення до повного вводу обладнання в експлуатацію.

Для здійснення робіт по впровадженню даного заходу в складі бригади повинні бути:

- керівник робіт (IV група з електробезпеки);
- два інженера-електрика (III група з електробезпеки);
- монтажник електрообладнання (III група з електробезпеки);
- машиніст насосної станції (II категорія з електробезпеки);

- диспетчер розподільчих пунктів (II категорія з електробезпеки).

Робочий час бригади – з 9:00 до 18:00. Повний термін виконання робіт – 7 днів.

Таблиця 6.3 – Послідовність виконання робіт з монтажу конденсаторної установки

Вид робіт	Спосіб доставки і розгрузки	Період виконання робіт і тривалість	Кількісний склад бригади	Група з електробезпеки
1	2	3	4	5
Підготовка майданчику для робіт	Вручну	Одноразово, 1-2 дні	6	III
Зупинка роботи насосного агрегату, знеструмлення	Вручну	Одноразово, 1 день	6	IV
Монтаж обладнання	Вручну	Одноразово, 1 день	6	III
Налагодження обладнання	Вручну	Одноразово, 1 день	6	III
Пробний пуск ЕУ без навантаження	Вручну	Одноразово, 1 день	6	III
Запуск насосного агрегату в роботу	Вручну	Одноразово, 1 день	6	IV

6.3 Аналіз показників умов праці на робочих місцях

В основному, всі роботи, вказані у підрозділі 6.2, виконуються у машинній залі насосної станції. Диспетчер виконує свої обов'язки в приміщеннях розподільчих пунктів системи електропостачання.

Визначимо показники умов праці робітників та покажемо результат аналізу у вигляді таблиці 6.4.

Таблиця 6.4 – Чинники умов праці та їх показники

Найменування чинника	Основні характеристики	Числове значення показника
1	2	3
Параметри мікроклімату	Температура повітря Відносна вологість Швидкість вітру	+24 °C 52% 0,08 м/с
Важкість праці	Переміщення вантажів Робоче положення Категорія робіт	До 10 кг Стоячи II
Напруженість праці	Тривалість зосередженого спостереження Тривалість активних дій Змінність Категорія робіт	30 % робочого часу 80 % робочого часу 1 зміна, 8 годин II
Шум	Рівень шуму	85 дБ
Шкідливі речовини	Сірководень Аміак	0.71 мг/м ³ 4.5 мг/м ³

Температура повітря може не відповідати нормам в зимовий період, тому роботи треба проводити в літній період.

6.4 Оцінка небезпечних чинників для працівників на робочих місцях

В таблиці 6.5 порівнюється нормативне та фактичне значення того чи іншого чинника. Нормативні значення визначаються згідно з [17], [19]-[20].

Таблиця 6.5 – Перелік небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Найменування чинника	Фактичне значення	Нормативне значення
1	2	3
Електричного походження		
Напруга	400 В	6 В
Струм	21 А	0.6 мА
Неелектричного походження		
Температура	+24	+23...+25
Відносна вологість	52%	40...60%
Швидкість руху повітря	0.08 м/с	0.1 м/с
Шум	85	85

Небезпечними факторами у даному приміщенні є електрична напруга, струм та шум.

Машинний зал насосної станції належить до електроустановок напругою до 1000 В. По відношенню до вологості машинний зал належить до сухих приміщень, оскільки відносна вологість повітря у ньому складає в середньому

52%. Дане приміщення має струмопровідну залізобетонну підлогу та характеризується відсутністю струмопровідного пилу, газів, парів.

За вищенаведеними ознаками машинний зал насосної станції відноситься до приміщень підвищеної небезпеки.

У машинному залі насосної станції встановлено три насосних агрегати СД-160 з приводними електродвигунами 4АМ200М4 потужністю 37 кВт, напругою 0,4 кВ та шафами місцевого керування насосами. Роботу насосної станції не можливо зупиняти на довготривалий період, тому при відключенні від мережі насосного агрегату для виконання монтажних робіт по встановленню пристрою компенсації одночасно в машинній залі буде працювати резервний насос, а це навантаження за шумом.

За доступністю електрообладнання машинний зал відноситься до замкнутих електротехнічних приміщень, оскільки вхід у дане приміщення завжди замкнено, а обслуговуючий персонал входить лише під час оглядів або ремонтів обладнання.

Ураження персоналу електричним струмом можливе при порушенні цілісності ізоляції кабелів живлення або проникнення у електричні шафи.

Роботи, що виконуються у машинному залі (оглядові та ремонтні) належать до робіт малої точності з об'єктами розрізнення розміром від 1 до 5 мм. Згідно з [3] мінімальна необхідна освітленість робочих місць складає 150 лк, що відповідає вимогам (пункт 2.7.2).

Після модернізації система освітлення виконана світильниками типу ДСП11-40-211 з світлодіодними лампами потужністю 40 Вт. Світильники встановлено, над насосними агрегатами та над шафами керування у кількості 6 шт. Освітленість складає 160 лк, яка є достатньою. До модернізації системи освітлення рівень освітленості становив 106 лк, що було недостатнім.

6.5 Вибір технічних та організаційних заходів з безпеки праці

Далі вказано перелік можливих заходів з безпеки виконання робіт на об'єкті у вигляді таблиці 6.6.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.6 – Технічні і організаційні заходи

Вид заходу	Найменування заходу	Опис, показники і характеристика
1	2	3
Організаційний захід		
Дозвільний документ	Монтаж	Наряд-допуск на 7 днів
Категорія робіт		Робота без напруги
Кваліфікація працівників		Керівник – 4 група з електробезпеки, працівники – 3-2 група
Технічні заходи		
Підключення до загального захисного заземлення		
Захисне заземлення	Підключення до загального захисного заземлення	Кабель ААШв 5 х 25, довжина 25 м, опір 0,56 Ом
Огороджувальний засіб	Огорожа сітчаста	Висота 2 м, металева, зі світловим сигналізатором
Блокувальний пристрій	Замок	Електромагнітний
Спосіб орієнтації	Маркування	УКРМ-0,4-10/5

6.6 Засоби індивідуального захисту

У таблиці 6.7 наведено засоби індивідуального захисту для конкретної посади робочого персоналу. Також, машинний зал повинен бути укомплектований електрозахисними засобами: показчик напруги до 1000 В – 1 шт., електровимірювальні кліщі – 1 шт., діелектричні рукавиці – 2 шт., інструмент з ізолювальними рукоятками – 1 комплект, переносне заземлення – 1 шт., діелектричні килими, плакати і знаки безпеки – у необхідній кількості [21].

Таблиця 6.7 – Засоби індивідуального захисту

Професія або посада	Кількість працюючих за професією	Спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту	Термін використання, місяців	Загальна кількість на рік
Монтажник електрообладнання	5	Комбінезон бавовняний з водовідштовхувальним просоченням	12	5
		Боти	чергові	-
		Рукавички бавовняні	чергові	-
		Каска діелектрична	чергова	-
		Окуляри від механічних часток	чергові	-

6.7 Вибір заходів із запобігання та ліквідації наслідків пожеж

Виробничий процес у приміщенні машинного залу насосної станції у відповідності до [17] відноситься до категорії «Д», оскільки у ньому знаходяться лише негорючі речовини і матеріали у холодному стані.

У відповідності до [16] приміщення не відноситься до категорії пожежо- або вибухонебезпечних зон. Пожежа в пристрої компенсації може статись при тривалому перевищенні номінальних значень роботи конденсаторів, при короткому замиканні та вибуху конденсатора через його старіння.

Заходи з пожежної безпеки представлено у таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Перелік заходів і засобів з пожежної безпеки

Група заходів	Технічні характеристики	Критерії вибору
Технічні та ЗІЗ		
Встановлення пожежного щита	Вогнегасник 2 шт., ящик з піском 1 шт., покривало з негорючого матеріалу 1 шт., лопата 2 шт., сокира 1 шт.	Один щит на площу в 5000 м ²
Встановлення автоматичних вимикачів струмового та теплового захисту	Спрацьовує при перевищенні 130% номінального струму, з витримкою в часу	Згідно з [1]

6.8 Встановлення припливно-витяжної вентиляції в приміщенні

Для очищення повітря в машинній залі потрібно встановити припливно-витяжну вентиляцію. Роботи з монтажу пристрою компенсації проводяться на глибині 7-8 метрів в приміщенні без природньої вентиляції. Через це в приміщенні може виникати не надмірна, але все ж таки шкідлива концентрація різних газів. При надмірній концентрації буде спрацьовувати сигналізація газоаналізатору.

Для приміщень без природної вентиляції повинен забезпечуватись 1 обмін на людину на годину. У приміщенні машинного залу одночасно при виконанні робіт може знаходитись до трьох чоловік. Необхідний повітрообмін розраховується за формулою:

$$V_o = n \cdot V, \quad (6.1)$$

де n – кількість працюючих, шт.;

V – об’єм приміщення, м^3 .

Підставивши дані в формулу (6.1), маємо:

$$V_0 = 3 \cdot 503,5 = 1510,5 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

Для задоволення такої потреби в вентиляції пропонується встановити радіальний вентилятор UVS VENUS DF 7 з продуктивністю $1600 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$ потужністю 1.1 кВт за ціною 10000 гривень [22].

Висновок до розділу 6:

Через потребу в зменшенні негативного впливу небезпечних виробничих чинників, забезпечення дотримання вимог законодавства щодо попередження травматизму при здійсненні електромонтажних робіт було запропоновано заходи щодо безпечного монтажу та обслуговування пристрою компенсації реактивної потужності в приміщенні машинної зали каналізаційної насосної станції.

В даному розділі були враховані нормативно-правові акти, що регулюють діяльність у галузі охорони праці.

Під час виконання монтажних робіт відповідний працівник забезпечується необхідними засобами індивідуального захисту, у відповідності до робіт, які він виконує. Працівники ознайомлюються з планом дій у разі виникнення пожежі чи при ураження електричним струмом.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У бакалаврському дипломному проєкті було досліджено енергоефективність роботи каналізаційної насосної станції МПП «Кривбасбудтехпостач».

1) Під час дослідження було проведено енергетичний аудит системи електропостачання, системи освітлення, системи виробничої діяльності (каналізаційно-стічна система) та оцінювався їх стан щодо енергоефективності, пошук можливостей для зменшення витрати електроенергії. Також було оцінено стан огорожувальних конструкцій будівлі насосної станції. Після огляду було виявлено слабкі місця конструкцій, які мають найбільші або нераціональні втрати. На основі аналізу проведеного енергетичного аудиту було надано рекомендовані заходи з енергоефективності.

2) Для економії електричної енергії в системі електропостачання та споживання:

- встановлення пристрою компенсації реактивної потужності, що дає економію в 132 квар · год на місяць;
- заміна ламп розжарювання в машинній залі на світлодіодні світильники, що дає економію в 36 кВт · год на місяць;
- встановлення датчиків руху для економії в системі освітлення, що дає економію в 60,4 кВт · год на місяць;
- відмова від роботи другого трансформатора в неопалювальний період після реалізації попередніх заходів, що дає економію в 126 кВт · год на місяць.

3) Для економії електричної енергії на потреби в опаленні будівлі:

- утеплення даху, що дає економію в 9899,3 кВт · год на рік;
- заміна дерев'яних вікон, що дає економію в 1709,8 кВт · год на рік;
- встановлення рекуператора теплової енергії в системі вентиляції, що дає економію в 831 кВт · год на рік.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Попов В.А., Замулко А.І., Ткаченко В.В., Федосенко М.М., Ярмолюк О.С., Системи електропостачання, курсовий проєкт. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 93 с.
2. ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015. «Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств».
3. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення/ Держ. Буд. норми України Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2018. 137 с.
4. Avelectric: Вебсайт. URL: <https://avelectric.com.ua/ua/p1253038159-kondensatornaya-ustanovka-kvar.html> (дата звернення: 12.06.2023).
5. Axiomplus: Вебсайт. URL: <https://axiomplus.com.ua/svetilniki/product-124783/#descr> (дата звернення: 12.06.2023).
6. LUXEL: Вебсайт. URL: https://luxel.ua/svetodiodnoe--led--osveshhenie/datchiki-dvizhenija/datchik-dvizhenija-luxel-0-5w-ip20--ms-03w-?gclid=CjwKCAjw4ZWkBhA4EiwAVJXwqXMij7QOS3xn8gaiErTPm4btiGLYo-ANXOYHoOxd3Az0a8HzbyzbPRoCwLQQA_vD_BwE (дата звернення: 12.06.2023).
7. М.М. Шовкалюк, О.І. Яценко. Енергозбереження будівель та споруд. Розрахункова робота. навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 57 с.
8. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель/Держ. стандарт України. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014.
9. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія/Держ. стандарт України. Вид. офіц. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2011. 127 с.
10. ДБН В.2.6-31:2021.Теплова ізоляція та енергоефективність будівель/ Держ. Буд. норми України Вид. офіц. Київ: ДП «Укрархбудшнформ», 2022. 27 с.
11. ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013 Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплосвоєння огорожувальних конструкцій/Держ. стандарт України. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2014.

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. PRANA: вебсайт. URL: <https://prana.com.ua/ua/katalog/rekuperator-prana-150> (дата звернення: 14.06.2023).

13. ISO 50001 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_50001_2020.pdf

14. О. В. Бориченко, В. Ф. Находов, А. В. Чернявський. Енергетичний менеджмент: моніторинг ефективності використання енергії для технологічного об'єкту. Розрахункова робота. навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 82 с.

15. VENTBAZAR: Вебсайт. URL: <https://ventbazar.ua/uk/blog/top-5-luchshikh-rekuperatorov-vozdukha/> (дата звернення: 15.06.2023).

16. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ-2018). Вид. офіц. Харків: Форт, 2018. 458 с.

17. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Вид. офіц. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 33 с.

18. Третьякова Л.Д. Методичні рекомендації до виконання розділу «Охорона праці та пожежна безпека» у дипломному проекті. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021, 60 с.

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

20. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Вид. офіц. Київ: Держнагляд охорони праці, 1996. 15 с.

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

22. Епіцентр: Вебсайт. URL: <https://epicentrk.ua/ua/shop/mplc-ventilyator-radial-nii-uvs-venus-df-7-ravlik-vidtsentrovii-seredn-ogo-tisku-1ec34e5c-d124-6adc-98a6-e737c979c438.html> (дата звернення 15.06.2023).

					НТУУ 001.9103.046 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		