

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Електротехніки та енергоефективності

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

другий (магістрський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження можливості підвищення енергоефективності
ЗДП «Кремнійполімер»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1410
спеціальності 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(код і назва спеціальності)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми 141.00.11 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

(назва освітньої програми)

Подовильников А.О.

(ініціали та прізвище)

Керівник к.т.н., Левченко С.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент Артемчук В.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут _____
Кафедра _____ електротехніки та енергоефективності _____
Рівень вищої освіти _____ другий (магістрський) рівень _____
Спеціальність _____ 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка _____
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма 141.00.11 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

д.т.н., доц.

В.Л. Коваленко

« 14 » _____ 12

2021 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Подовильников Артем Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи Дослідження можливості підвищення енергоефективності ЗДП «Кремнійполімер»

керівник роботи Левченко Сергій Андрійович, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 30 » червня 2021 року № 974-с

2 Строк подання студентом роботи 01 грудня 2021 р.

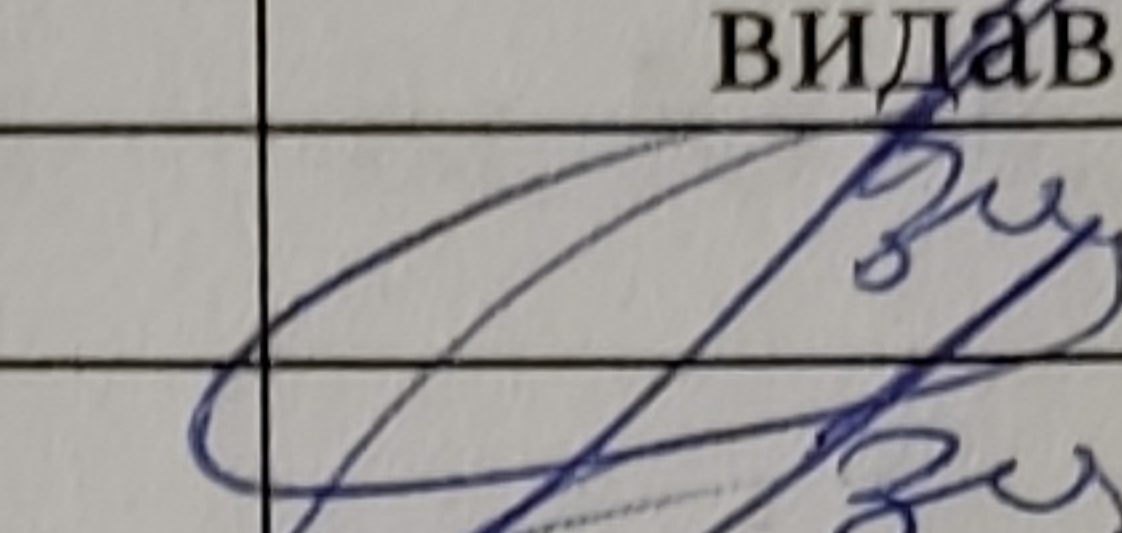
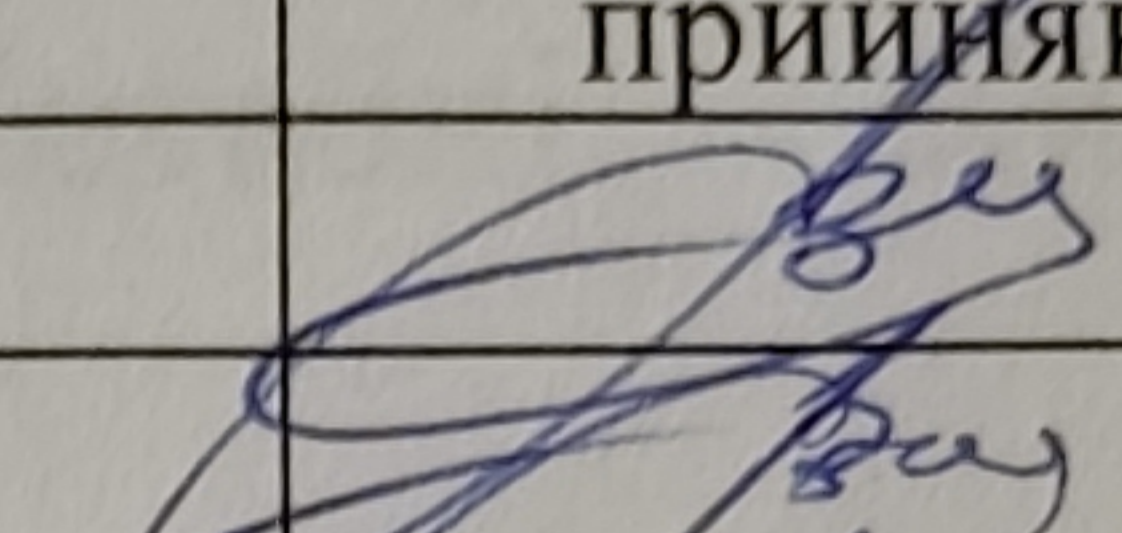
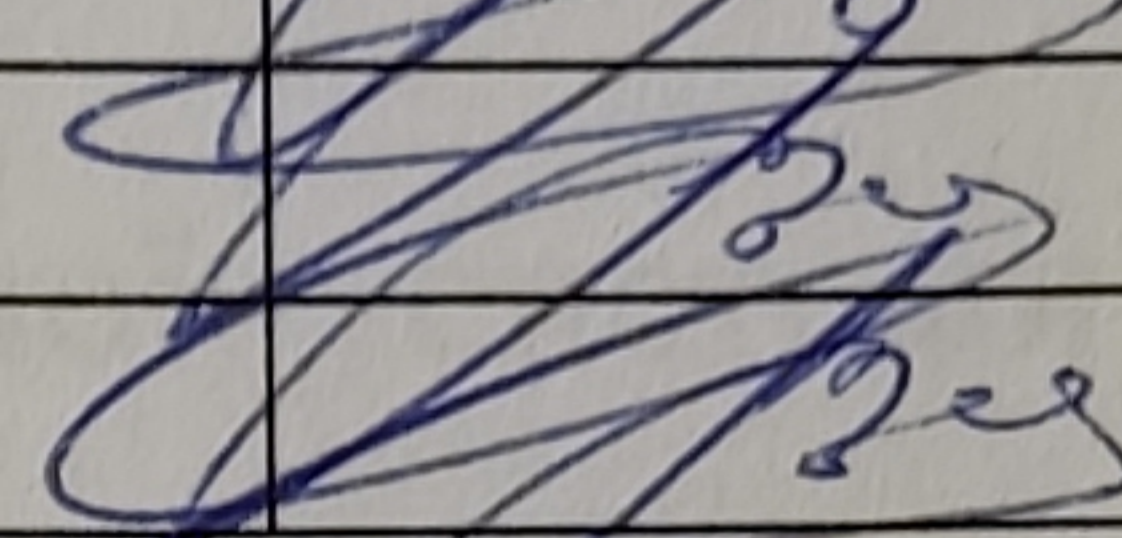
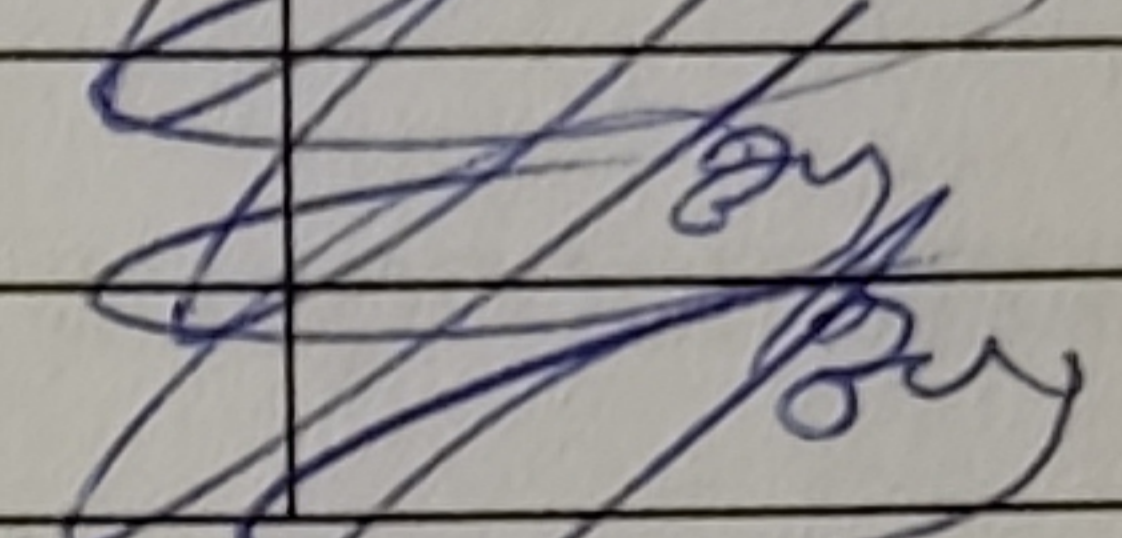
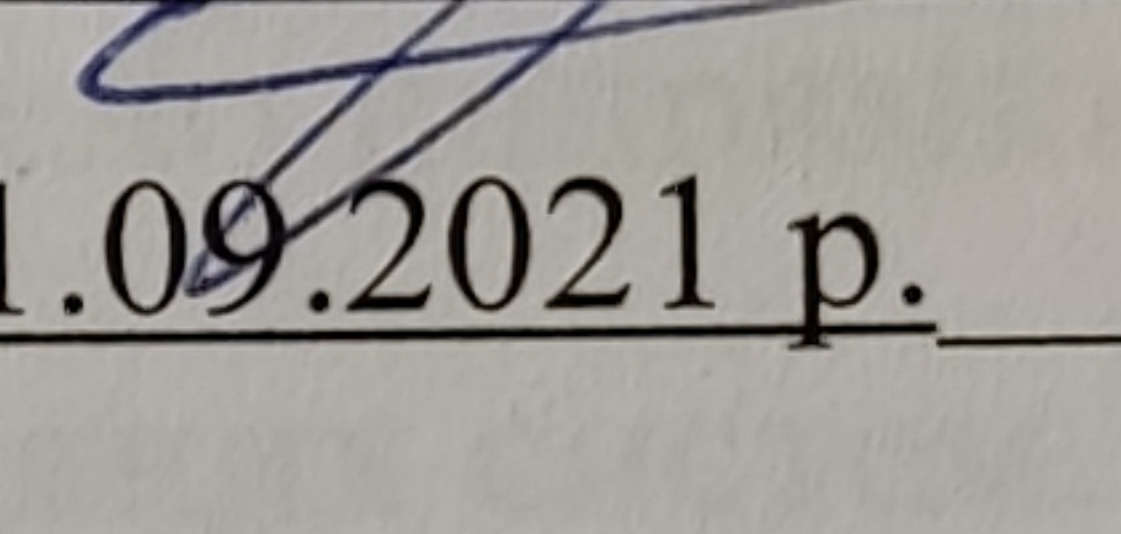
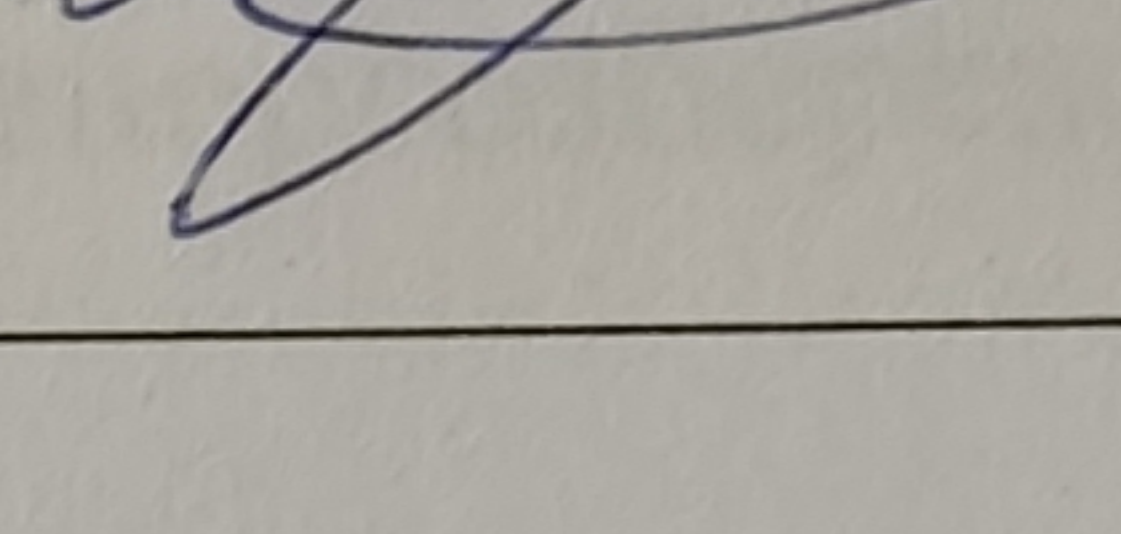
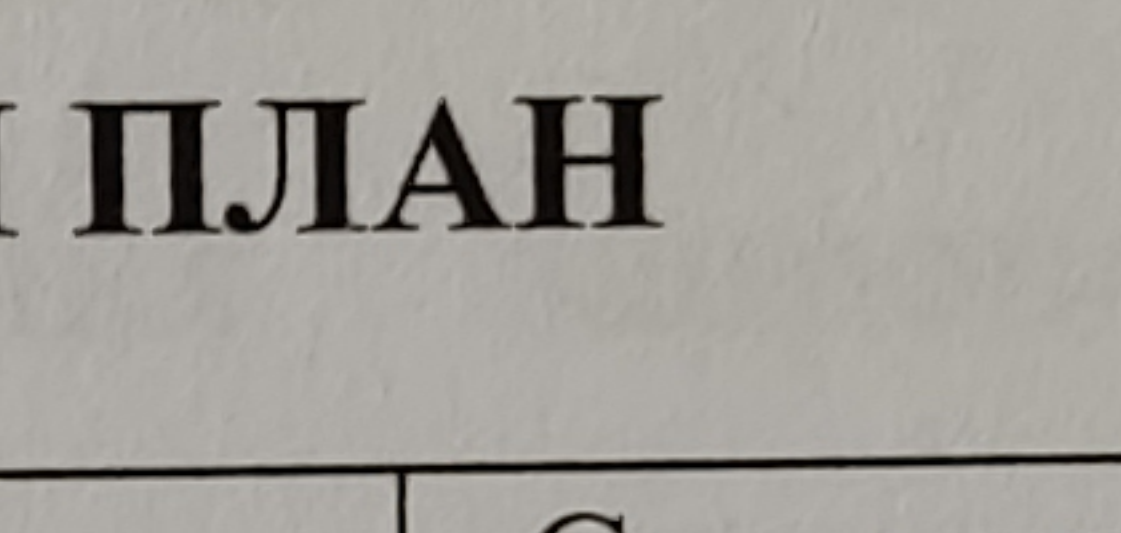
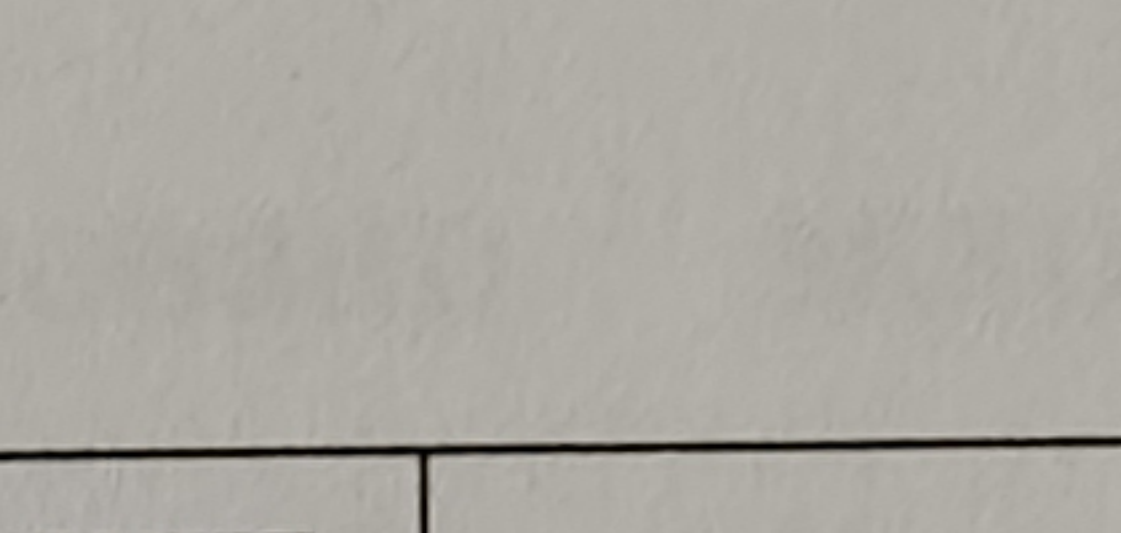
3 Вихідні дані до роботи; Витрати електричної енергії виробничим обладнанням – 44 %, освітлювальне обладнання – 49 %, вуличне освітлення – 4 %, інше обладнання – 3 %; баланс енергоспоживання будівлею: опалення – 83%, електроенергія – 10 %, ГВП – 4%.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) Аналіз ефективності системи енергоспоживання підприємства ЗДП «Кремнійполімер» 2) Визначення доцільності підвищення ефективності системи енергоспоживання підприємства 3) Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів 4) Охорона праці та техногенна безпека.

Перелік графічного матеріалу 1) Аналіз електроспоживання ЗДП «Кремнійполімер» 2) План основної офісно-виробничої будівлі 3) Виконавча схема опалення 4) Запропоновані заходи з підвищення

енергоефективності 5) Модернізована комбінована схема 6) Визначення оптимального співвідношення між джерелами теплоти 7) Охорона праці та техногенна безпека

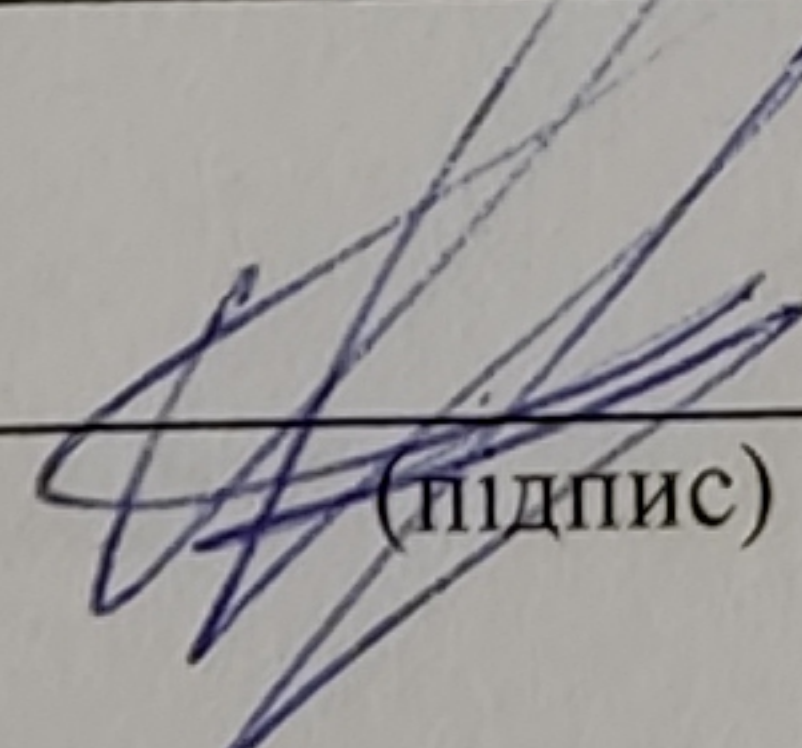
5 Консультанти розділів роботи

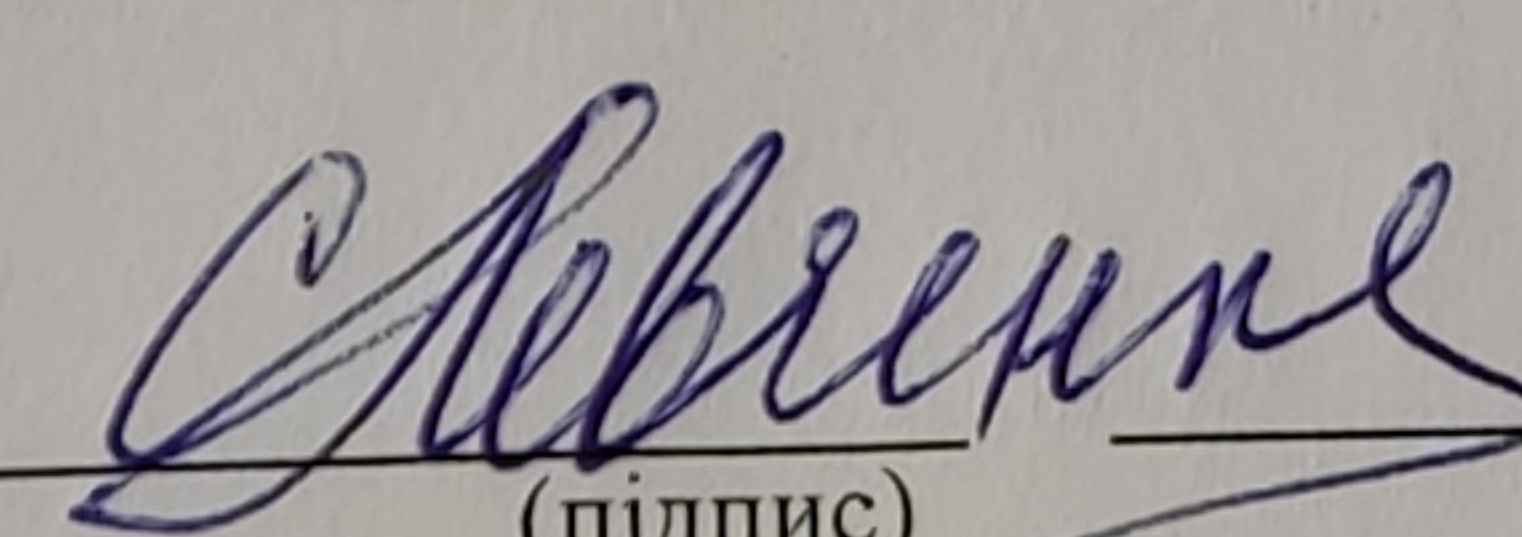
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Левченко С.А., к.т.н.		
Розділ 2	Левченко С.А., к.т.н.		
Розділ 3	Левченко С.А., к.т.н.		
Розділ 4	Левченко С.А., к.т.н.		

6 Дата видачі завдання 01.09.2021 р.

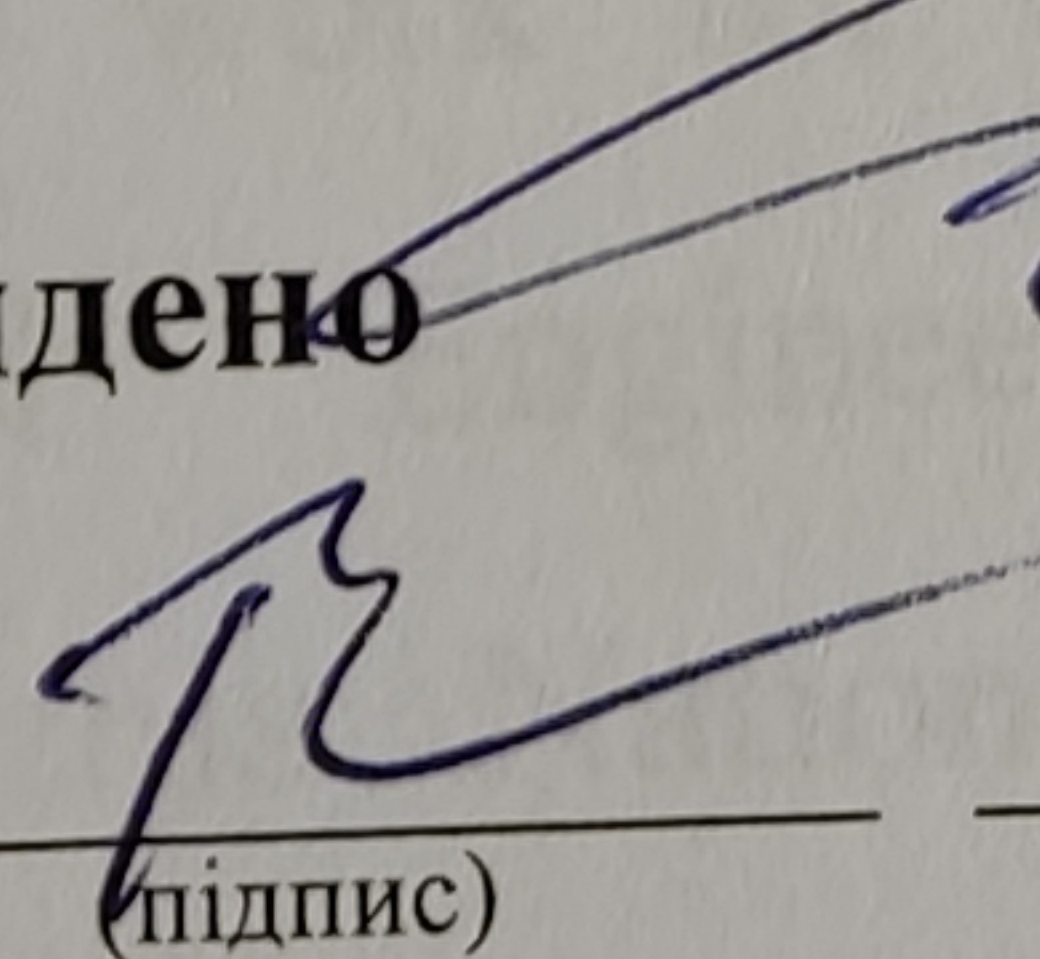
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз ефективності системи енергоспоживання підприємства ЗДП "Кремнійполімер"	30.09.2021	
2	Визначення доцільності підвищення ефективності системи енергоспоживання підприємства	30.10.2021	
3	Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів	19.11.2021	
4	Охорона праці та техногенна безпека	30.11.2021	

Студент  (підпис) А.О. Подовильников (ініціали та прізвище)

Керівник роботи  (підпис) С.А. Левченко (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  (підпис) С.В. Башлій (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Подовильников А.О. Дослідження можливості підвищення енергоефективності ЗДП «Кремнійполімер».

Кваліфікаційна випускна робота на здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник С.А. Левченко. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра електротехніки та енергоефективності, 2021.

В роботі проведено аналіз існуючої системи енергоспоживання підприємства ЗДП “Кремнійполімер”. Визначено напрямки енергозбереження і підвищення енергоефективності в елементах даних систем.

На основі аналізу енергоспоживання запропоновано заходи з енергозбереження на зазначеному об’єкті виходячи з економічної доцільності їх впровадження, визначено структуру та послідовність впровадження запропонованих заходів з енергозбереження.

Ключові слова: ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ЕЛЕКТРИЧНА ЕНЕРГІЯ, КОМБІНОВАНА СИСТЕМА ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ, ЗАХОДИ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ

ABSTRACT

Podovilnikov A.O. Advancement of the power efficiency of the SDP "Kremniypolymer".

Qualification final work for a master's degree in specialty 141 - Power Engineering, Electrical Engineering and Electromechanics, supervisor S.A. Levchenko. Zaporizhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu. M. Potebni. Department of Electrical Engineering and Energy Efficiency, 2021.

An analysis was carried out of the operating system and energy management of the enterprise ZDP "Kremniypolymer". It is designated directly energy saving and energy efficiency adjustment in the elements of these systems.

On the basis of the analysis of energy conservation, it is projected to go in from the energy conservation to the designated organization of the energy saving, the structure and the last to the projected entry to the energy conservation is indicated.

Key words: ENERGY CONSUMPTION, ELECTRICITY, COMBINED POWER SUPPLY SYSTEM, ENERGY SAVING MEASURES, ECONOMIC PERFORMANCE

АНОТАЦИЯ

Подовильников А.А. Исследование возможности повышения энергоэффективности ЗДП «Кремнийполимер».

Квалификационная выпускная работа на соискание высшего образования магистра по специальности 141 – Электроэнергетика, электротехника и электромеханика, научный руководитель С.А. Левченко. Запорожский Национальный университет. Инженерный учебно-научный институт им. Ю.М. Потебни. Кафедра электротехники и энергоэффективности, 2021.

В работе проведен анализ существующей системы энергопотребления предприятия ЗДП "Кремнийполимер". Определены направления энергосбережения и повышения энергоэффективности в элементах данных систем.

На основе анализа энергопотребления предложены меры по энергосбережению на указанном объекте исходя из экономической целесообразности их внедрения, определена структура и последовательность внедрения предложенных мер по энергосбережению.

Ключевые слова: ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ, ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ, КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ, МЕРЫ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ, ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЬНОСТЬ

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз ефективності системи енергоспоживання підприємства ЗДП “Кремнійполімер”	11
1.1 Опис підприємства, спеціалізація, номенклатура послуг	11
1.2 Загальна характеристика енергоспоживання підприємства	13
1.3 Конструктивні особливості будівлі	17
1.4 Характеристика інженерних систем	18
1.4.1 Опалення	18
1.4.2 Гаряче водопостачання	20
1.4.3 Вентиляція	21
1.4.4 Система електропостачання	22
1.5 Структура енергоспоживання підприємства	25
1.6 Запропоновані заходи зі зниження енергоспоживання та календарний графік їх впровадження	27
2 Визначення доцільності підвищення ефективності системи енергоспоживання підприємства	29
2.1 Визначення теплових втрат крізь захисні конструкції	29
2.2. Заміна радіаторів опалення	31
2.3 Впровадження системи обліку енергоресурсів	36
2.4 Впровадження комбінованої системи теплопостачання на базі сонячного колектору	39
2.5 Розрахунок оптимального кута установки сонячного колектору	47
2.6 Розрахунок теплового навантаження системи ГВП	52
2.7 Розрахунок необхідної площі геліоколекторного поля	55
2.8 Обґрунтування вибору геліоколектору	56
2.9 Впровадження системи регулювання теплового навантаження	59
2.10 Модернізація міжповерхової розводки труб опалення	62

2.11 Обґрунтування вибору електрокотлу	66
2.12 Розрахунок оптимального співвідношення між джерелами теплоти плануванням експерименту	69
3 Техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів	79
3.1 Розрахунок показників ефективності інвестицій	79
3.2 Розрахунок показників ефективності утеплення будівлі	84
3.3 Розрахунок капіталовкладень та показників ефективності впровадження комбінованої системи теплопостачання	85
3.4 Зведені економічні показники впровадження запропонованих заходів в умовах ЗДП “Кремнійполімер”	88
4 Охорона праці та техногенна безпека	91
4.1 Аналіз потенційних і шкідливих чинників виробничого середовища	91
4.2 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища	96
4.3 Електробезпека	99
4.4 Пожежна безпека	101
4.5 Розрахунок захисного заземлення	102
Висновки	106
Перелік посилань	108

ВСТУП

Промисловий комплекс України, в якому працює близько 18% зайнятого населення має потужну матеріально-технічну базу. В структурі промисловості найвищу питому вагу займають галузі важкої індустрії, особливо чорна металургія та машинобудування. Проте, як свідчать статистичні дані, рентабельність виробництва цих галузей за останні 10 років не перевищує 3-6%. Основною з причин таких низьких економічних показників є висока енергоємність вітчизняної продукції, в собівартості якої енергозатрати складають до 80%. В додаток до цього спостерігається тенденція нескитного збільшення вартості головних енергоносіїв для промислових споживачів.

Динаміка росту цін на електричну енергію 2 класу напруги для промислових споживачів відповідно до постанови НКРЕКП України свідчить, що за 2019-2021 роки середній тариф на цей енергоносіїв збільшився майже в 1,5 рази з 1,239 до 2,04 гривні за 1 кВт·год з ПДВ. Тоді як середні роздрібні ціни на природний газ для промислових споживачів відповідно до постанови НКРЕКП України за 2019-2020 роки збільшилися більше ніж вдвічі з 4188,79 до 9005,32 гривень за 1000 м³ з ПДВ. Тенденцію збільшення цін на традиційні енергоресурси для промислових підприємств можна очікувати й в майбутньому, при цьому проблеми низької енергоефективності вітчизняних виробництв з кожним роком ставатимуть все більш актуальними.

Однією з визначальних умов зниження витрат на промислових підприємствах і підвищення економічної ефективності виробництва в цілому залишається раціональне використання енергетичних ресурсів. Разом з тим, сталий шлях розвитку української економіки можливий тільки при формуванні та подальшої реалізації ідеології енергозбереження та енергоефективності на окремих підприємствах.

Раціональне використання електроенергетичних ресурсів являється однією з найбільш актуальних проблем як в Україні так і за її межами. Для досягнення

максимальної ефективності їх використання необхідно розглядати схему виробництва та потреб електроенергії.

Оцінюючи ефективність споживання енергоресурсів промисловими підприємствами України, вітчизняні і закордонні експерти прийшли до висновку, що багато хто з них витрачає енергоресурсів на виробничі потреби не більш як 50%, а останнє втрачається. Основною енергією, що використовується підприємствами під час здійснення виробничої діяльності, є електрична енергія, яку вони споживають в обсязі 60% від виробленої в країні.

Зниження втрат електроенергії в розподільних електромережах та трансформаторах на промислових підприємствах є важливою складовою всього комплексу енергозберігаючих заходів.

В технічній літературі досить детально розглядаються методи розрахунку та аналізу втрат електроенергії в електричних мережах та трансформаторах, а також вибір заходів для їх зниження. В той же час питанням практичного застосування цих методів, не приділяється достатньої уваги. В зв'язку з цим представляє інтерес систематизація методів розрахунку втрат електроенергії та оцінка ефективності їх використання на підприємствах.

Відсутність фінансових ресурсів на радикальну модернізацію, жорстокий кадровий дефіцит, проблеми із законодавчою і нормативною базою, відсутність надійних прогнозів на зростання ціни палива і об'ємів його надійних постачань в наступні десятиліття - ось що заважає прийняти правильні і обґрунтовані рішення по долі Українських енергосистем [1].

Виходячи із цього можна припустити, що вихід із ситуації, що склалася, необхідно шукати на самім підприємстві. Підприємство не може вплинути на політику ціноутворення на енергоносії, але воно в силах змінити себе й пристосувати своє виробництво до умов сьогоденної економіки.

Цього можна досягти за рахунок заміни обладнання, що вичерпало свій енергетичний потенціал, розробки нових виробничих технологій, підвищення ефективності систем енергопостачання на підприємстві.

Основні напрямки енергозберігаючої політики в машинобудуванні пов'язані з удосконаленням діючих технологій і устаткування, оптимізацією режимів роботи й коефіцієнта завантаження основного технологічного устаткування.

До основних видів енергії, що споживається даною галуззю, відносяться електрична енергія, теплова і хімічна енергія твердого, рідкого і газоподібного палива, теплова енергія пари і гарячої води, механічна енергія.

Основними орієнтирами для стратегії глибокої модернізації енергоспоживаючих систем є дві глобальні мети:

- використовувати нові енергозберіжні технології і технології обліку спожитих енергоресурсів;
- використовувати альтернативну енергетику.

На підставі вищесказаного встає завдання провести дослідження системи енергоспоживання ЗДП “Кремнійполімер”.

У даній магістерській роботі пропонується розглянути систему енергоспоживання ЗДП “Кремнійполімер” та запропонувати заходи з підвищення енергоефективності в системах теплоспоживання, а також оцінити їх економічну ефективність та доцільність при застосуванні на конкретному підприємстві.

1 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ЗДП «КРЕМНІЙПОЛІМЕР»

1.1 Опис підприємства, спеціалізація, номенклатура послуг

ЗДП «Кремнійполімер» - українська компанія основною діяльністю якої є виробництво кремнійорганічних продуктів. Юридична адреса компанії: 69009, м. Запоріжжя, вул. Теплична, 7.

Підприємство ЗДП «Кремнійполімер» надає особливе значення виробництву продуктів, що відповідають вимогам охорони навколишнього середовища, здоров'я людини і задовольняє споживчим запитам ділових партнерів. Перелік продукції становить понад 200 найменувань. Технічна оснащеність підприємства та багатий професійний досвід колективу забезпечують високі технічні та споживчі властивості продуктів, які використовуються в багатьох галузях народного господарства.

Продукція підприємства користується великим попитом не тільки в Україні, а й за її межами. Її експортують більш ніж в двадцяти країнах світу: США, Індію, Угорщину, Францію, Голландію, Італію, Німеччину, Польщу, Китай, Японію, Болгарію, Казахстан, Білорусь тощо.

Настільки великий перелік споживачів свідчить про високу якість продукції на рівні вимог світових стандартів.

ЗДП «Кремнійполімер» випускає:

- кремнійорганічні мономери;
- хлормісткі продукти;
- кремнійорганічні полімери;
- етилсілікати та продукти на їх основі;

У світовому промисловому виробництві, мабуть, немає галузі, де б не застосовувалися кремнійорганічні полімери.

Різноманітна гама унікальних властивостей силіконів пояснює широкий спектр їх застосування:

- висока термостійкість;
- термостабільність;
- гідрофобність;
- мала залежність в'язкості від температури;
- збереження цих властивостей як при високих (+300-500 °C і більше) так і при низьких (до -100 °C) температурах;
- стійкість по відношенню до термоокислювальної деструкції, грибової цвілі.

Фахівці заводу постійно ведуть розробки нових видів продукції і можливостей її застосування.

Традиційні сфери застосування кремнійорганічних сполук:

- хімічна промисловість;
- будівництво;
- нафтогазова промисловість (видобуток, транспортування, переробка);
- автомобілебудування;
- електротехніка та електроніка;
- виробництво каучуку та інших штучних матеріалів;
- металообробна промисловість і машинобудування;
- медицина;
- косметологія.

Рішення деяких нових технічних завдань, наприклад, в області волоконної оптики, мембранної технології, сонячної енергетики, також неможливо без застосування полісілоксанов.

Крім того, компанія займається випуском такої продукції:

- мономери кремнійорганічні;
- продукти, які містять бензил хлористий;
- різні електроізоляційні лаки;

- продукція на основі етил силікатів;
- знеболюючі препарати;
- відбілюючі препарати;
- дезінфікуючі препарати;
- миючі засоби;
- поліруючі засоби;
- препарати для догляду за волоссям;
- засоби для догляду за тваринами.

Розвиток кремнійорганічної галузі в світі йде швидкими темпами і на українському ринку компанія Кремнійполімер займає лідируючі позиції в цій ніші. В даний час немає жодної галузі промисловості, як цивільного, так і військового призначення, в якій не використовувалися б кремнійорганічні продукти, які пропонує наша компанія. Для багатьох галузей промисловості саме їхнє існування на сучасному технологічному рівні залежить від забезпеченості необхідними кремнійорганічними продуктами.

1.2 Загальна характеристика енергоспоживання підприємства

Будівля побудована у 1972 році. Кількість працюючого персоналу 167 осіб. Графік роботи - п'ять днів на тиждень, 8 години на добу. В вечірні та нічні години в будівлі несуть варту чергові охоронці.

Внутрішня температура в приміщеннях будівлі незадовільна. В опалювальний період внутрішня температура коливається в межах 13 - 21 °С в залежності від призначення та розміщення приміщень. При низькій температурі зовнішнього повітря в опалювальний період робітники установи скаржаться на низьку температуру в приміщеннях. Нормативне значення температури в приміщеннях складає 22 °С відповідно до ДБН В.2.2-9-99 «Громадські будинки

та споруди».

Загальні дані про будівлі наведено в таблиці 1.1. Нижче в таблиці 1.2 приведено найменування організацій, що надають комунальні послуги.

Таблиця 1.1-Загальні дані про будівлю

Характеристика будівлі	Дані
Рік забудови	1972 р.
Площа забудови, $S_{заб}, м^2$	3 569
Площа приміщень $S_{приміщень}, м^2$	2 708
Об'єм загальний $V_{заг}, м^3$	10 629
Площа огорожуючих конструкцій, $S_{огор.} м^2$	2 641
Кількість поверхів	2
Площа опалювальна, $S_{опал}, м^2$	2 638
Об'єм опалювальний $V_{опал}, м^3$	8 575
Чиста висота приміщення, $h_{прим.} м$	3,1
Площа зовнішніх стін, $S_{стін}, м^2$	2 200

Таблиця 1.2 - Найменування організацій, що надають послуги з енергопостачання

Існуючі сервісні контракти з експлуатації і обслуговування	Відповідальна компанія/особа
Теплопостачання	Філія Концерну «Міські теплові мережі»
Електропостачання	Відкрите акціонерне товариство «Запоріжжяобленерго»
Водопостачання	Комунальне підприємство «Водоканал»

Основне призначення системи обліку - розрахунки з енергозабезпечуючими організаціями, основний розрахунковий період - місяць.

Внутрішні межі розділів (по видах споживання, по корпусах) не встановлені. Добових і сезонних нормативів споживання немає, профілі споживання (денний, нічний, для святкових і вихідних днів) відсутні.

Облік витрати електроенергії забезпечується 8 індукційними лічильниками типу СА4У-И672М (4 лічильники – виробнича частина, 3 лічильники – офісна частина і 1 лічильник – побутові приміщення) (рисунок 1.1). Диференціація споживання електроенергії (освітлення, вентиляція, побутова техніка, виробниче обладнання, організаційна техніка, холодильники і кондиціонери) відсутня.



Рисунок 1.1 – Лічильник електроенергії типу СА4У-И672М

З 01.1999 року на введенні в будівлю ЗДП “Кремнійполімер” встановлено 3 водомірні лічильники. Облік стоків здійснюється по нормативах.

Облік витрати теплової енергії (гаряче водопостачання) здійснюється приладовим способом. Використовуються лічильники-інтегратори (3 лічильники - на гарячу воду) (рисунок 1.2). Лічильників на опалювання немає.



Рисунок 1.2 - Лічильники води

Звітність за споживання енергоресурсів здійснюється щомісячно, на основі свідчень приладів обліку і рахунків від енергозабезпечуючих організацій. Дані

про звітність знаходяться в бухгалтерії ЗДП “Кремнійполімер” спільно з рахунками по інших статтях витрат.

Обґрунтованих питомих норм витрат або інших встановлених нормативів споживання енергоресурсів немає (окрім річних лімітів споживання, що встановлюються енергозабезпечуючою організацією на основі прогресивних обмежень).

Оскільки існуюча система обліку і звітності не дозволяє диференціювати споживання енергоресурсів по видах споживання, в цій роботі зроблена спроба оцінити структуру енергоспоживання шляхом складання повного реєстру усіх видів навантажень (за допомогою огляду кожного приміщення) і підсумовування цих навантажень з урахуванням номінальних величин споживання і коефіцієнтів використання навантажень, що встановлюються експертним шляхом.

Дослідження можливості зниження витрат на споживання теплової енергії ЗДП “Кремнійполімер” показало, що усі можливі безвитратні заходи виконані.

У зв'язку з вищесказаним встає завдання дослідження споживання теплової енергії ЗДП “Кремнійполімер”, розробки оптимальної структури енергогенеруючої і енергоспоживаючої системи та вибір стратегії споживання енергоресурсів. Характеристика системи обліку приведена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Характеристика та тип лічильників

Встановлені лічильники	Місце розташування	Рік введення в дію	Найменування/ Тип	Дата останньої повірки
Електроенергія	Електрощитова	2011	НІК 2303	05. 2015
		2007	СА4У-И672М	07. 2015
		2007	НІК 2303	05. 2014
Централізоване теплопостачання	Елеваторний вузол	1999	SUPERCAL	2015
Холодна вода	Приміщення	1999	СЕHSNR	2015

1.3 Конструктивні особливості будівлі

Стан стін будівлі задовільний, значні пошкодження фасаду відсутні. Система зливу дощової води пошкоджена та не виконує функцію захисту стін від руйнівних дій талої та дощової води. Площа стін та їх характеристика приведена в таблиці 1.4

Таблиця 1.4 - Характеристика стін

Найменування показника та його значення				
Загальна площа ($S_{\text{стін}}$ м ²)	2 200	Опір теплопередачі стін ($R_{\text{стін}}$, м ² ·К/Вт)		0,77
Конструкція стіни	Кладка цегляна з повнотілої цегли силікатної на цементно-піщаному розчині (510 мм) Вапняно-піщана штукатурка (20 мм)		Теплоізоляція	Відсутня
Орієнтація за сторонами світу	Пн	Сх	Пд	Зх
Площа стіни (м ²)	430	638	430	703

Будівля має 84 вікна та 14 балконних блоків, загальною площею 420 м², що складає 16 % від загальної площі фасаду (коефіцієнт скління фасадів становить 0,16). Будівля характеризується значною кількістю вікон різного розміру. В закладі переважають металопластикові віконні блоки з двійним склінням (варіант скління 4М1-16-4М1). Існуючі дерев'яні віконні блоки в незадовільному стані, деревина за період експлуатації втратила ізолюючі властивості, спостерігаються нещільності між рамою і склом.

В будівлі встановлені 11 вхідних дверей загальною площею 16,9 м². Вхідні двері встановлені металеві з теплоізоляцією.

Дах будівлі сумісний з перекриттям верхнього поверху, без технічного поверху площа якого становить 1 331 м².

Конструкція плити перекриття: Залізобетонна багатопустотна плита (220 мм), гравій керамзитовий (200 мм), цементно-піщана стяжка (20 мм) руберойд. Проводився ремонт - відновлення цілісності гідроізоляції, та проводилось утеплення даху плитами з базальтової мінераловати. Існуючий стан даху задовільний.

В технічному підвалі розміщена нижня розводка труб системи опалення, гарячого та холодного водопостачання, а також труб системи каналізації. Конструкція плити перекриття: Залізобетонна багатопустотна плита (220 мм), шар цементно-піщаної стяжки (30 мм) гравій керамзитовий (150 мм) лінолеум/паркет.

1.4 Характеристика інженерних систем

1.4.1 Опалення

Джерело теплової енергії.

Опалення здійснюється централізовано від котельні Концерну «Міські теплові мережі».

Підключене теплове навантаження будівлі на опалення становить 0,269 Гкал/год (313кВт).

Вузол теплового введення.

Вузол теплового введення знаходиться в технічному підпіллі. Приєднання системи опалення виконано за залежною схемою з використанням гідроелеваторного вузла.

Під час обстеження були виявлені наявні ознаки втрати теплоносія з витоком через нещільності в місці приєднання гідроелеватора.

Запірна арматура знаходиться в робочому стані.

Теплова ізоляція вузла теплового введення відсутня.

Вузол теплового введення обладнано системою автоматичного регулювання теплового потоку на опалення з погодною корекцією на основі контролера Siemens RVD135. На момент обстеження система автоматичного регулювання теплового потоку знаходилась в невідлагодженому стані, регулювання виконувалось в ручному режимі.

Для здійснення комерційного обліку спожитої теплової енергії на опалення вузол теплового введення обладнаний тепловим лічильником Supercal Mod. 431 (серійний № 98006067) виробництва Aquatherm.

Внутрішньобудинкова система опалення

Проект опалення виконаний на розрахункову температуру зовнішнього повітря $t_{z.o.} = -23$ °С. Розрахунковий перепад температури в системі опалення прийнятий $95^{\circ} - 70$ °С.

Система опалення прийнята однотрубна з нижньою розводкою, з вертикальними П-подібними стояками.

Трубопроводи змонтовані зі сталевих електрозварних труб по ГОСТ 10704-76 і сталевих водогазопровідних оцинкованих труб по ГОСТ 3262-75. Заміна сталевих трубопроводів системи опалення на поліпропіленові чи металополімерні не здійснювалась.

Теплова ізоляція магістральних трубопроводів, прокладених в технічному підпіллі – знаходиться в незадовільному стані. Матеріал утеплення – мінеральна вата з покрівельним шаром лакосклотканини. Товщина ізоляції трубопроводів $\delta_{iz} = 40 - 60$ мм.

Прокладка стояків – відкрита вздовж стін будівлі.

Загальна кількість встановлених конвекторів – 171 шт., з них 13 шт. встановлено у коридорах. Влітку 2012 року здійснено заміну частини конвекторів на алюмінієві секційні радіатори:

- у коридорах 4 опалювальних приладів по 8 секцій;
- в приміщенні 2 опалювальних прилади по 15 секцій.

Частина приладів опалення в групових кімнатах закриті декоративними панелями.

Температура в приміщеннях нижча за нормовану. На це є кілька причин: система підігріву підлоги не функціонує; встановлені конвектори не мають змоги задовольнити належний режим опалення будівлі через недостатню теплову потужність та зменшення тепловіддачі в приміщення за рахунок нагрівання декоративних панелей; невідлагоджена система автоматичного регулювання теплового потоку здійснює свої функції некоректно.

Задля забезпечення комфортних теплових умов в приміщеннях використовуються електрообігрівачі.

Промивання системи опалення проводилось в 2009 році перед початком опалювального сезону.

1.4.2 Гаряче водопостачання

Гаряче водопостачання (ГВП) будівлі здійснюється централізовано. Приєднання системи опалення виконано за відкритою схемою. Циркуляційний трубопровід відсутній. Приєднане навантаження на ГВП становить 0,053 Гкал/год (62,0 кВт). Трубопроводи ГВП виконані зі сталі. Влітку 2012 року незначну частину трубопроводів було замінено на поліпропіленові. Теплова ізоляція трубопроводів відсутня.

Для здійснення комерційного обліку спожитої гарячої води в техпідпіллі встановлено витратомір Rowogaz JS 130-3,5 (серійний № 98144612). Подача гарячої води відбувається цілодобово. Гаряча вода використовується на загально побутові потреби та для купання дітей.

1.4.3 Вентиляція

В будівлі запроектована загальнообмінна витяжна вентиляція з механічним спонуканням в електрозварювальному відділенні. В інших приміщеннях витяжка природна.

Механічний приплив передбачався в електрозварювальному відділенні. В інших приміщеннях припливний потік свіжого повітря не організований, забезпечується за рахунок відкриття вікон та нещільностей в огорожувальних конструкціях.

Вентиляційне обладнання

Механічна витяжка здійснюється вентиляторами, що встановлені на даху. Механічна витяжка, що розрахована по літньому режиму, здійснюється загальнообмінною витяжною системою В-1.

На момент обстеження припливна механічна вентиляція знаходилася в непрацездатному стані: вентагрегат демонтований, калорифер від'єднаний від теплової мережі.

Автоматичне управління системою вентиляції за часовими програмами та частотне регулювання вентиляційних механізмів не здійснюється, рекуператори теплоти не встановлені.

Мережі каналів й ізоляція

В 2014 році повітропроводи механічної витяжної системи були замінені на нові з оцинкованої сталі. Канали не забезпечені регуляторами та закриваючими стулками з вимірювальними штуцерами. Ізоляція каналів відсутня.

Природна витяжна вентиляція здійснюється через утеплені шахти, що прокладені в товщі стін та виводяться вище рівня даху приблизно на 0,5-0,7 м. Витяжні решітки встановлені на каналах під стелею.

1.4.4 Система електропостачання

Електропостачання будівлі виконано двома взаємно-резервуючими кабельними лініями низької напруги 0,4 кВ від ТП-871, що обслуговується Запорізькими міськими електричними мережами ВАТ «Запоріжжяобленерго».

По рівню надійності електропостачання електроприймачі закладу відносяться до II категорії.

Розрахункове приєднане електричне навантаження будівлі становить 204,3 кВт.

Освітлення.

Система внутрішнього освітлення закладу складається зі світильників з лампами розжарювання, лінійних люмінесцентних та компактних люмінесцентних ламп (енергозберігаючі або КЛЛ).

Найбільша частка споживання електроенергії в системі внутрішнього освітлення припадає на лампи розжарювання, кількість яких налічується близько 445 шт., річне споживання становить 34,1 тис. кВт·год, або 88% від загального споживання на освітлення.

Управління освітленням здійснюється в ручному режимі.

Система зовнішнього освітлення складається з 4-х світильників, що встановлені над входами в будівлю та оснащених лампами розжарювання потужністю 100 Вт, та 5-ти прожекторів, що встановлені на даху будівлі, оснащених лінійними галогенними лампами потужністю 300 Вт.

В таблиці 1.5 приведені характеристики системи внутрішнього та зовнішнього освітлення будівлі.

Базове споживання електричної енергії на потреби освітлення та на побутові потреби будівлі, розраховано з урахуванням потужності обладнання та періодом його роботи.. Структура базового споживання електричної енергії приведена в таблиці 1.6 та на рисунку 1.1. Найбільша частка витрат електричної

енергії припадає на освітлювальні прилади, що становить 49 % від загального споживання електроенергії.

Таблиця 1.5 - Характеристики системи внутрішнього та зовнішнього освітлення

Найменування	Кількість, шт.	Одинична потужність, Вт	Загальна потужність, кВт	Кількість годин роботи в рік	Розрахункове споживання електроенергії, тис. кВт·год /рік
Лампи розжарювання	180	100	18,0	1008	18,1
	265	60	15,9	1008	16,0
Люмінесцентні і лампи	36	18	0,6	1008	0,7
	25	36	0,9	1008	0,9
Вуличне освітлення	4	100	0,4	1488	0,6
	5	300	1,5	1488	2,2
Всього	515		35,8		38,6

Таблиця 1.6 - Зведені дані щодо споживання електричної енергії

Найменування	Загальна потужність, кВт	Розрахункове споживання електроенергії, тис. кВт·год/рік
Освітлювальні прилади	33,9	35,7
Вуличне освітлення	1,9	2,8
Виробниче обладнання	64,8	31,7
Інше обладнання	2,5	1,9
Всього	103,1	72,1

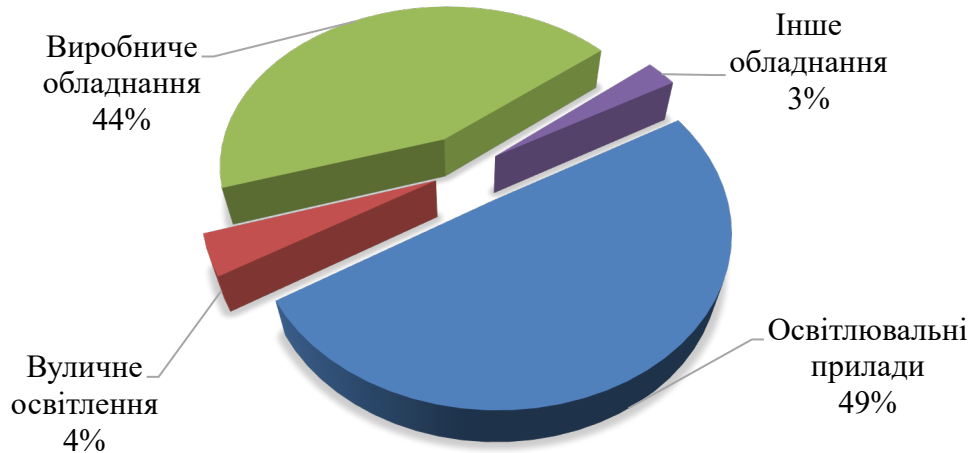


Рисунок 1.3 - Баланс базового споживання електричної енергії, кВт·год/рік
Перелік електричного обладнання та його характеристика приведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 - Перелік та характеристики електричного обладнання

Найменування	Кількість, шт.	Одинична потужність, кВт	Загальна потужність, кВт	Кількість годин роботи в рік	Розрахункове споживання електроенергії з урахуванням коефіцієнту K , тис. кВт·год
Виробниче обладнання					
Електроплита	2	17,0	34,0	756	10,3
Шафа нагрівальна	3	2,1	6,3	5544	14,0
Апарат точкового зварювання	2	3,0	6,0	756	1,8
Електропривід шліфувального станка	1	0,5	0,5	756	0,2
Електропаяльник	1	6,0	6,0	756	1,8
Всього	11		64,8		31,7
Інше обладнання					
Інше обладнання			2,5	756	1,9
Всього			67,3		33,6

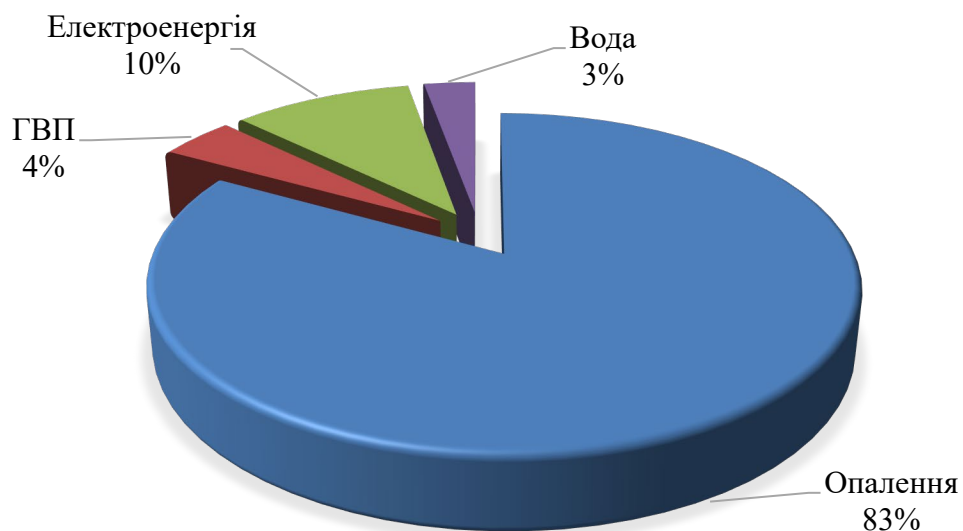
Загальна номінальна потужність електрообладнання закладу становить 33,6 кВт. Основними споживачами електроенергії є виробниче обладнання, що становить 44 % від загального споживання.

1.5 Структура енергоспоживання підприємства

Зведені дані про енергоспоживання підприємства за останні чотири роки та дані розрахунку значень питомого споживання наведено в таблиці 1.8.

Питоме споживання енергії на опалення за останні 4 роки знаходиться в межах 180 – 260 кВт·год/м² в залежності від температури зовнішнього повітря та тривалості опалювального періоду. Фактичне питоме споживання теплової енергії на опалення перевищує нормативне значення (63 кВт·год/м²) відповідно до ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель».

Баланс енергоспоживання будівлею станом на 2016 рік наведено на рисунку 1.4.



Рисунк 1.4 - Баланс енергоспоживання будівлею

Таблиця 1.8 - Споживання енергоресурсів

Структура споживання	Одиниці виміру	Централізоване теплопостачання		Електро енергія	Вода	Всього
		на опалення	на ГВП			
1	2	3	4	5	6	7
Рік 2016						
Витрати на оплату	тис.грн	108,7	38,3	49,3	25,3	221,6
Споживання енергоресурсів	тис.кВт·год	541,2	179,7	95,7	-	816,6
	Гкал	465,3	154,5	-		619,9
	тис.м ³	-	-	-	12,9	12,9
Питоме споживання	кВт·год/м ²	205,1	68,1	36,3		309,5
Рік 2017						
Витрати на оплату	тис.грн	145,4	58,2	44,3	29,4	277,3
Споживання енергоресурсів	тис.кВт·год	480,4	179,9	75,1		735,4
	Гкал	413,0	154,7	-	-	567,8
Питоме споживання	кВт·год/м ²	182,1	68,2	28,5		278,7
Рік 2018						
Витрати на оплату	тис.грн	183,3	67,1	48,2	31,2	339,8
Споживання енергоресурсів	тис.кВт·год	538,1	197,1	72,0		807,3
	Гкал	462,7	169,5	-	-	632,2
	тис.м ³	-	-	-	13,7	13,7
Питоме споживання	кВт·год/м ²	203,9	74,7	27,3		306,0

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5	6	7
Рік 2019						
Витрати на оплату	тис.грн	1075,1	53,82	128,76	36,8	1250,12
Споживання енергоресурсів	тис.кВт·год	694,6	34,77	87,0		816,37
	Гкал	597,3	29,9	-	-	627,2
	тис.м ³	-	-	-	14,2	14,2
Питоме споживання	кВт·год/м ²	263,3	102,1	21,6		387,0

Найбільшу частку в структурі споживання енергії будівлею займає тепла енергія на опалення, що становить в середньому 83 % в рік. В період 2002 - 2020 рр. споживання енергії на опалення знаходилося в межах 338 - 695 тис. кВт·год, що пояснюється різними кліматичними показниками опалювальних періодів. Тарифи станом на 01.11.2020 р. приведені в таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 - Тариф на енергоресурси

№п/п	Найменування	Од. виміру	Значення
1	Теплова енергія	грн./Гкал	4788
2	Електроенергія	грн./кВт·год	2,04
3	Вода	грн./м ³	16,3

Тарифи на енергоресурси приведені без урахування ПДВ.

1.6 Запропоновані заходи зі зниження енергоспоживання та календарний графік їх впровадження

Виходячи з вищесказаного можна сформулювати план дій для збільшення енергоефективності ЗДП “Кремнійполімер”.

Беззатратні та малозатратні заходи:

- провести організаційні збори персоналу для проведення організаційних бесід з енергозбереження;
- провести заміну чавунних радіаторів опалення сучасними металевими панелями з терморегулювальними клапанами також встановити екрани за радіаторами опалювання.
- встановити на вводах теплотраси ЗДП “Кремнійполімер” систему комерційного обліку теплової енергії,

Високозатратні методи:

- провести утеплення фасадів будівлі;
- змонтувати двохтрубну систему опалення та встановити електрокотел і геліоколектор.

2 ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Визначення теплових втрат крізь захисні конструкції

Проведемо розрахунок значення дійсного коефіцієнта теплопередачі крізь обгороджування K_d для зовнішньої стіни для визначення найоптимальнішого матеріалу для утеплення.

Опір теплопередачі конструкцій, що захищають, приймається залежно від значення градусо-днів опалювального періоду - *ГДОП* [6].

ГДОП визначаються по формулі:

$$ГДОП = (t_{вн} - t_{н.}) \times z_{оп.пер.} \quad (2.1)$$

де $t_{вн}$ - розрахункова температура внутрішнього повітря, що приймається згідно ГОСТ 30494-96,

$t_{оп.пер.}$, $z_{оп.пер.}$ - середня температура, (згідно БНіП 2.01.01-82.).

Згідно ГОСТ 30494-96, температура повітря приміщеннях ЗДП "Кремнійполімер" в холодний період року має бути в межах 18 – 22 °С. Для розрахунку набуває значення $t_{вн} = 22$ °С. Згідно з даними БНіП 2.01.01-82 для м. Запоріжжя:

$$t_{нн} = - 21 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$z_{оп. пер.} = 166 \text{ дн.}$$

Підставивши значення у формулу (2.12), отримаємо:

$$ГДОП \times 166 = 7138.$$

Визначимо значення дійсного коефіцієнта теплопередачі крізь обгороджування K_d для зовнішньої стіни до утеплювання стін $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$:

$$K_d = 1 / (1 / \lambda_n + \sum \delta i / \lambda i + 1 / \lambda_в), \quad (2.2)$$

$$\text{де } \lambda_n = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}),$$

$$\lambda_в = 9 \text{ Вт}/\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}),$$

$$\begin{aligned} \delta_{\text{штукатурки}} &= 0,02 \text{ м,} \\ \delta_{\text{цегл. кладки}} &= 0,72 \text{ м,} \\ \lambda_{\text{цегл. кладки}} &= 0,82 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C),} \\ \lambda_{\text{штукатурки}} &= 0,9 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C),} \\ K_{\partial I} &= 0,948 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C),} \end{aligned}$$

Данні по будівельним матеріалам зведено у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Данні по матеріалам

Назва матеріалу	λ , Вт/(м·°C)
Цегляна кладка	0,82
Штукатурки	0,9
Baswool - мінеральний, базальтовий утеплювач	0,035
Пінополістірол ПСБ-15	0,038
Алюмінієвий фасад	0,89
Гіпсокартон	0,88
Залізобетонні плити	1,4
Руберойд	0,16
Бетонна стяжка	1,4
Ізоляційна подушка	0,087

Визначимо значення дійсного коефіцієнта теплопередачі через обгороджування K_d для зовнішньої стіни після утеплювання стін:

$$K_d = 1/(1/\lambda_n + \sum \delta i/\lambda i + 1/\lambda_v), \quad (2.3)$$

$$\begin{aligned} \text{де } \lambda_n &= 23,3 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C),} \\ \lambda_v &= 9 \text{ Вт/Вт/(м}^2\cdot\text{°C),} \\ \delta_{\text{штукатурки}} &= 0,02 \text{ м,} \\ \delta_{\text{цегл. кладки}} &= 0,72 \text{ м,} \\ \delta_{\text{з. (мин. плит)}} &= 0,06 \text{ м,} \\ \delta_{\text{alpolic}} &= 0,003 \text{ м,} \\ \lambda_{\text{цегл. кладки}} &= 0,82 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C),} \end{aligned}$$

$$\lambda_{\text{штукатурки}} = 0,9 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С}),$$

$$\lambda_{\text{з. (мин. плит)}} = 0,035 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С}),$$

$$\lambda_{\text{аіроліс}} = 0,89 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С}),$$

$$K_{\partial 2} = 0,564 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С}).$$

Визначимо значення дійсного коефіцієнта теплопередачі через обгороджування K_{∂} для зовнішньої стіни після утеплювання стін:

$$K_{\partial} = 1/(1/\lambda_n + \sum \delta i/\lambda i + 1/\lambda_{\text{в}}), \quad (2.4)$$

$$\text{де } \lambda_n = 23,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С}),$$

$$\lambda_{\text{в}} = 9 \text{ Вт}/\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С}),$$

$$\delta_{\text{штукатурки}} = 0,02 \text{ м},$$

$$\delta_{\text{цегл. кладки}} = 0,72 \text{ м},$$

$$\delta_{\text{з. (ПСБ-15)}} = 0,05 \text{ м},$$

$$\delta_{\text{аіроліс}} = 0,003 \text{ м},$$

$$\lambda_{\text{цегл. кладки}} = 0,82 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С}),$$

$$\lambda_{\text{штукатурки}} = 0,9 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С}),$$

$$\lambda_{\text{з. (ПСБ-15)}} = 0,038 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С}),$$

$$\lambda_{\text{аіроліс}} = 0,89 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С}),$$

Як видно з розрахунків при утеплюванні зовнішніх стін будівлі ЗДП “Кремнійполімер” коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін зменшується 1,744 разів при використанні мінерального утеплювача, при використанні пінопласту ПСБ-15 коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін зменшується 2,25 разів. Однак пінопласт ПСБ-15 має високу пожежонебезпеку тому для утеплення ЗДП “Кремнійполімер” вибираємо Baswool - базальтовий утеплювач.

2.2 Заміна радіаторів опалення

Радіатор (рисунок 2.1) - це побутова назва приладів рідинного опалення, тобто опалювальних приладів, в яких циркулює нагрітий до певної температури

рідкий теплоносій (вода або антифриз). Конструкція цих приладів забезпечує ефективну передачу тепла від теплоносія в приміщення, що обігрівається.



Рисунок 2.1 – Загальний вид чавунного секційного радіатору

Чавунні радіатори можна встановлювати у всіх будівлях, де: значення тиску в системі опалення не перевищує вказаного виробником; влітку з системи опалення надовго зливають воду, а також у тих випадках, якщо покупцеві не потрібна швидка і точне регулювання температури повітря в кімнаті.

Секційні алюмінієві радіатори (рисунок 2.2) це наймолодший вид опалювальних приладів, їх виготовлення ведеться на сучасному технологічному рівні. Відлиті з алюмінію, вони володіють високою тепловіддачею. Лицьова панель - ідеально плоска поверхня, добре випромінює тепло. У верхній частині секцій є віконця, через які виходить нагріте повітря, створюючи інтенсивний конвективний потік [9].



Рисунок 2.2 – Алюмінієвий секційний радіатор

Вага однієї секції - близько одного кілограма, місткість - близько 0,25 л. Завдяки цим якостям, алюмінієві радіатори швидко нагрівають приміщення і швидко реагують на зміну параметрів регулювання. Алюмінієві радіатори розраховані на широкий діапазон тисків. Для більшості моделей робочий тиск становить 9 атм. Конвективна складова теплового потоку у них порівнянна з радіаційною, що дозволяє віднести їх до конвективно-радіаційного типу приладів. Однак, алюмінієві радіатори чутливі до хімічного складу води в системі опалення. Кислотність теплоносія повинна знаходитися в межах $pH = 7-8$ [9].

Сталеві панельні радіатори опалення являють собою прямокутну панель, яка складається з 2-х зварених листів сталі зі спеціальними відштампованими поглибленнями, що утворюють канали для руху теплоносія (рисунок 2.3). Іноді для того, щоб збільшити тепловіддачу, на тильну сторону прикріплюються П-образні ребра. Кілька подібних панелей можна об'єднувати в пакет і закривати спеціальними декоративними планками [9].



Рисунок 2.3 – Загальний вид сталевому радіатору

Панелі випускаються в різних розмірах. Варіюватися може як висота, так і ширина. У зв'язку з цим при виробництві можна створити прилади, що володіють широким діапазоном теплової потужності. В панельних радіаторах невелика глибина і вага. Відповідно, теплова інерційність їх також мала. Частка теплового

поток, яка передається конвекцією, може досягати 75%, тому даний тип радіаторів можна відносити до конвекторам.

Для установки в ЗДП “Кремнійполімер” вибираємо радіатори KORADO у виконанні RADIK KLASIK (виробництва Чехії). Вони є сталевими панельними радіаторами опалювання з можливістю приєднання до системи опалювання з лівого або правого бічного боку. По своєму компонованню ці радіатори призначені для опалювальних систем з примусовою або природною циркуляцією. Для монтажу цих радіаторів потребується значно менша кількість людино/годин праці, ці радіатори мають підвищений коефіцієнт теплопровідності ніж алюмінієві, або чавунні. Вибираємо радіатори типу 22, як що мають найбільш оптимальне співвідношення ціна якість, типу 22 означає що радіатор має дві секції з теплоносієм а також два ряду ребер (рисунок 2.4) [9].



Рисунок 2.4 - Перетин радіатору RADIK типу 22

Оскільки значення безрозмірних коефіцієнтів φ_1 і φ_2 залежать від значень температурного натиску Θ і витрати води через прилад $M_{пр}$, кг/с, то спочатку визначаємо їх значення. В таблиці 2.2 приведено значення коефіцієнта « φ_1 ».

Таблиця 2.2 - Значення коефіцієнта « φ_1 »

Температурний натиск Θ , °C	Схема руху теплоносія, φ_1		
	Зверху до низу	Знизу до верху	Знизу у низ
58	0,783	0,779	0,786
60	0,818	0,815	0,821
62	0,854	0,851	0,856
64	0,89	0,888	0,892
66	0,926	0,925	0,927
68	0,963	0,962	0,964

Оскільки в нашому випадку буде прийнята двотрубна схема стояків з рухом теплоносія в радіаторі зверху вниз, то $t_n = 95^{\circ}\text{C}$, $t_k = 70^{\circ}\text{C}$ для усіх опалювальних приладів. За формулою 2.18 отримаємо:

$$\Theta = \frac{t_n + t_k}{2} - t_g = \frac{95 + 70}{2} - 22 = 60,5^{\circ}\text{C}. \quad (2.5)$$

По таблиці 2.3 при русі теплоносія в радіаторі зверху вниз визначений коефіцієнт $\varphi_1 = 0,818$ і $\varphi_2 = 1$.

Таблиця 2.3 - Параметри теплового потоку радіаторів Radik

Умовне позначення радіатору	Тепловий потік Q_{ny} , Вт	Габаритні розміри, мм		Площа поверхні, m^2	Маса радіатору, кг	Кількість води у радіаторі, л
		Висота Н, м	Довжина L, м			
22-3080	1167	300	800	2,96	14,7	3
22-3090	1313		900	3,33	16,6	3,4
22-3100	1459		1000	3,7	18,4	3,8
22-3110	1605		1100	4,07	20,2	4,2
22-3120	1751		1200	4,44	22,1	4,6
22-3140	2043		1400	5,18	25,8	5,3
22-3160	2334		1600	5,92	29,4	6,1

Підбір радіаторів ведемо ітераційним методом. У палатах необхідно встановити три радіатори типу 22-3080, звідси витрата теплоносія через один радіатор складе (за формулою 2.19):

$$M_{np} = 0,0494 \cdot \frac{q_{ny}}{t_n - t_k} = 0,0494 \cdot \frac{1167}{90 - 70} = 2,88 \text{ кг/с}; \quad (2.6)$$

Необхідний тепловий потік радіатора визначається по формулі 2.17 ($b = 0,987$ для радіатора типу 22), Вт:

$$Q_{np}^{mp} = \frac{Q_{np}^{расч}}{\varphi_1 \cdot \varphi_2 \cdot b} = \frac{2613,98}{0,818 \cdot 1 \cdot 0,987} = 3237,66 \text{ Вт}, \quad (2.7)$$

Виходячи з отриманих значень визначаємо кількість радіаторів:

$$n = \frac{Q_{np}^{mp}}{Q_{ny}} = \frac{3237,66}{1167} = 2,7. \quad (2.8)$$

Таблиця 2.4- Значення коефіцієнта «b»

Тип радіатору	Значення коефіцієнту «b» при атмосферному тиску, мм рт. ст.							
	700	710	720	730	740	750	760	780
10	0,973	0,977	0,982	0,986	0,99	0,995	1	1,009
11	0,968	0,973	0,978	0,984	0,989	0,995	1	1,01
21	0,956	0,971	0,977	0,983	0,988	0,994	1	1,012
22	0,963	0,969	0,975	0,981	0,987	0,994	1	1,012
33	0,961	0,967	0,973	0,98	0,986	0,993	1	1,013

Приймаємо кількість радіаторів типу 22-3080 $n = 3$. Розрахунок кількості радіаторів в інших приміщеннях пропонуване вести за аналогічним розрахунком.

2.3 Впровадження системи обліку енергоресурсів

Система складається з трьох рівнів:

- нижній - первинні перетворювачі (лічильники) :

ультразвуковий витратомір лічильник, холодної води US - 800,
витратомір на теплоносій Метран-400.

- середній - модуль ADAM - 4521, такий, що є інтелектуальним перетворювачем інтерфейсу RS - 485 в RS - 232, який призначений для включення у багатокрапкову мережу на базі RS - 485 пристроїв з інтерфейсом RS - 232 і передачу їх на верхній рівень;

- верхній - персональний комп'ютер із спеціалізованим програмним забезпеченням SCADA, здійснюючий збір інформації з контролерів, підсумкову обробку як по точках(введенням), так і по їх групах, відображення і документування даних обліку у виді зручному для аналізу і ухвалення рішень по управлінням енергопостачанням.

Структурна схема системи приведена на рисунку 2.5.

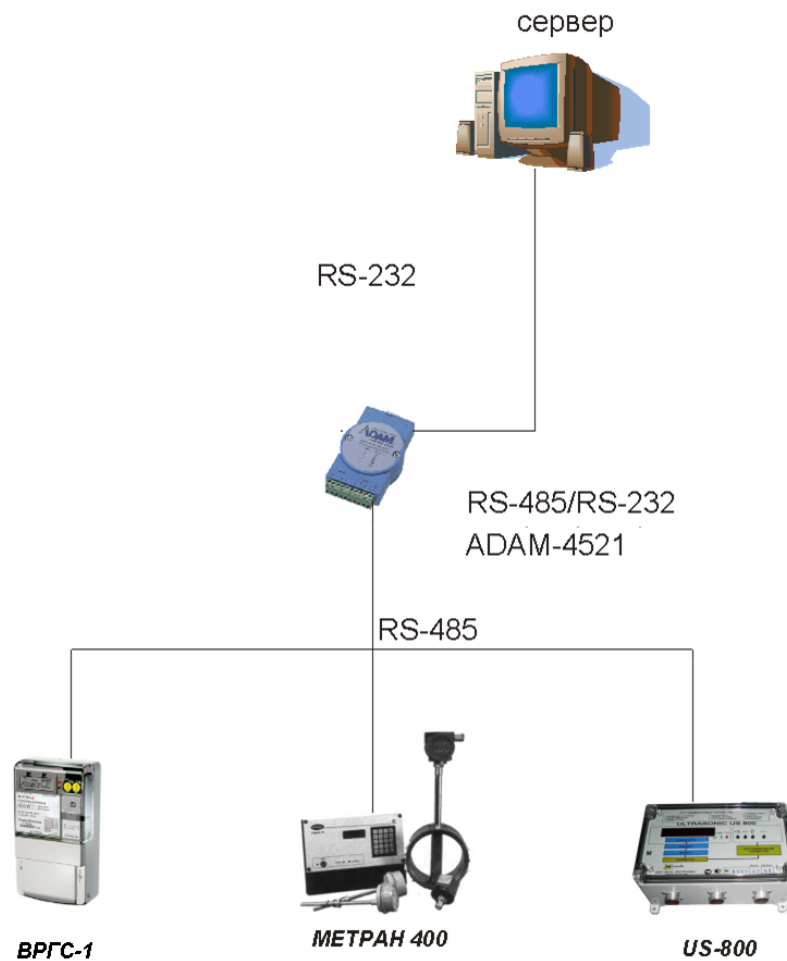


Рисунок 2.5 - Структура системи

Для забезпечення достовірності інформації про споживання холодної води вибраний витратомір ULTRASONIC US – 800 (рисунок 2.6). У ньому присутній інтерфейс RS - 485 для зв'язку з комп'ютером, монтаж можливий до трубопроводу будь-якого перерізу, крім того має великий термін служби, малий коефіцієнт погрішності.



Рисунок 2.6 - Ультразвуковий лічильник - витратомір US – 800

Для установки на трубовід вибирається витратомір з діаметром 80-100 мм. Це лічильник тепла Метран-400 (рисунок 2.7) призначений для обліку кількості теплової енергії і маси теплоносія у виробника або споживача, контролю параметрів теплоносія.



Рисунок 2.7 - Лічильник тепла Метран-400

SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition System) - система збору даних і оперативного диспетчерського управління.

В якості програмного забезпечення верхнього рівня вибираємо SCADA ТРЕЙС МОУД. Це перша інтегрована SCADA і softlogic- система, що підтримує наскрізне програмування операторських станцій і контролерів за допомогою

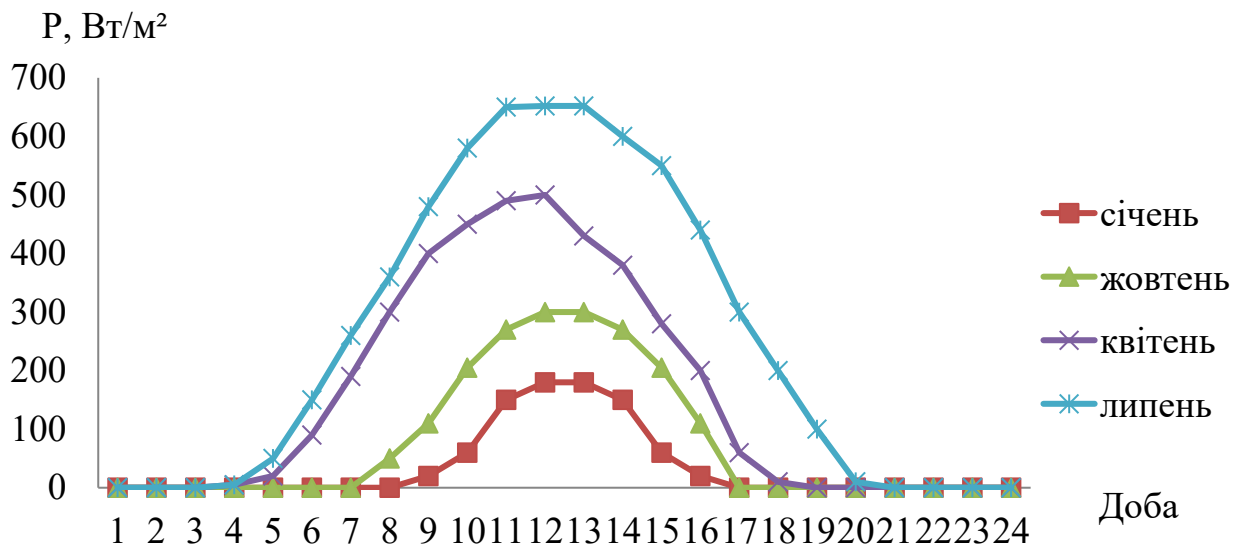
єдиного інструменту. ТРЕЙС МОУД оперує поняттям проект - це сукупність усіх математичних і графічних елементів системи, що функціонують на різних операторських станціях

і контролерах, об'єднаних інформаційними зв'язками і єдиною системою архівації.

2.4 Впровадження комбінованої системи теплопостачання на базі сонячного колектору

Сонячний радіаційний режим території України, особливо південних районів, в цілому є сприятливим для практичного використання сонячної енергії [1].

Змінний характер інтенсивності сумарної сонячної радіації протягом доби, пори року показані на рисунках 2.8 і 2.9.



Рисунк 2.8 - Інтенсивність сумарної сонячної радіації в місті Запоріжжя

Як видно з графіка, на півдні-сході України сумарна сонячна радіація знаходиться в прямій залежності від температурного режиму пори року,

досягаючи піку (близько 700 Вт/м^2 на добу) в липні. На рисунку 2.1 наведені графіки інтенсивності сумарної сонячної радіації протягом доби в середньосезонні місяці року. Як на південному сході країни, сумарна сонячна радіація знаходиться в прямій залежності від температурного режиму пори року, досягаючи свого піку (близько 660 Вт/м на добу) в липні.

Зауважимо, що частина розсіяної сонячної радіації в різних регіонах України досить значна, причому в холодну пору року в деяких регіонах є навіть переважаючою; це необхідно враховувати при виборі типу геліотехнічного обладнання - плоскі сонячні колектори (СК) можна ефективно застосовувати по всій території України, СК з концентратами сонячної енергії - тільки на півдні чи півдні - сході України.

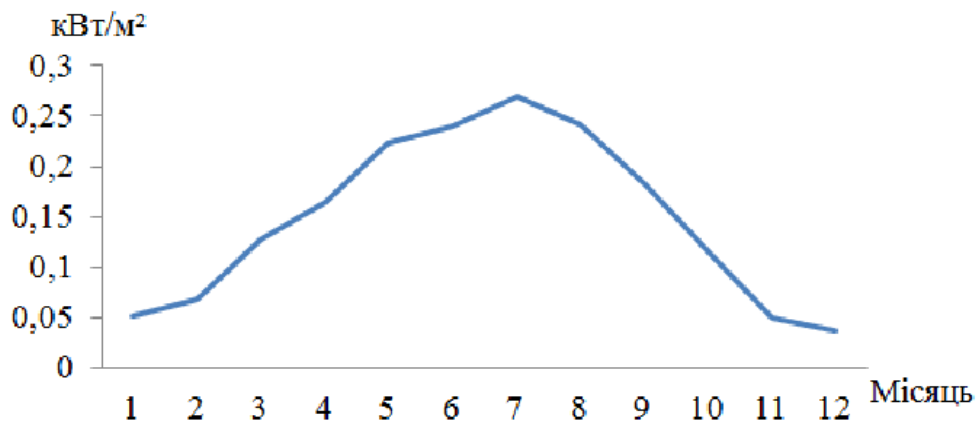


Рисунок 2.9. - Середньорічна надходження сумарної сонячної радіації в місті Запоріжжя.

В таблиці 2.5, приведені основні кліматичні характеристики м. Запоріжжя $\varphi_p = 48,5^\circ$ пн.ш. [13].

Таблиця 2.5 - Основні кліматичні характеристики м. Запоріжжя

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Середня денна температура, °С	-5	-4	0,8	9,4	16,0	20	21	20	15,4	8,4	2	-2

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Амплітуда коливання температури, °С	5	5	5	8	10	9	9	10	11	7	3	3
Тривалість світового дня, год	8	10	11	13	15	16	15	14	12	10	9	8
Коефіцієнт сонячного випромінювання	0,2	0,2	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,4	0,3	0,2
Швидкість повітряних мас, м/с	5,4	5,7	5,2	5,0	4,4	3,8	3,7	3,8	4,1	4,6	4,9	5,2

Місто Запоріжжя знаходиться по обидва береги річки Дніпро, в південно-східній частині України. Клімат міста помірно-континентальний з м'якою зимою та спекотним літом. Середньорічна температура повітря складає 8,5°С; найнижча вона у січні (мінус 5,5°С), найвища у липні (21,3°С).

Температуру зовнішнього повітря для і-тої години j-того місяця можна визначити згідно з формулою у додатку [14]:

$$t_{ij} = t_j + 0,5 k_i \cdot A_j \quad (2.9)$$

де t_j – середньодобова температура повітря j-того місяця, °С;

A_j – середньодобова амплітуда коливань температури у j-тому місяці, °С;

k_i – коефіцієнт перерахунку для і-тої години.

Коефіцієнт перерахунку для і-тої години наведені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 Коефіцієнт перерахунку для i -тої години

Коефіцієнт	Години									
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
K_i	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,97	1	1	0,97	0,87

Розрахунок установки гарячого водопостачання виконується за годинними сумами прямої та розсіяної сонячної радіації та температурою зовнішнього повітря. Інформація на цю тему наведена в [14].

В атласі [13] приведена інформація про інтенсивність сонячної радіації при безхмарному небі. Перерахуємо відомі довідкові дані для м. Київ $50,5^\circ$ пн.ш., для Запоріжжя с широтою $48,5^\circ$ пн.ш.

Перерахунок будемо вести за лінійною емпіричною залежністю для горизонтальної поверхні:

$$E_{mp} = E_{m\bar{b}} \cdot (1 + 0,024 \cdot (\varphi_{\bar{b}} - \varphi_p)) \quad (2.10)$$

де E_{mp} – максимальне розрахункове значення інтенсивності сонячної радіації, (Вт/м²);

$E_{m\bar{b}}$ – базова інтенсивність сонячної радіації в м. Києві, (Вт/м²);

$\varphi_{\bar{b}} = 50,5^\circ$ – широта м. Запоріжжя;

$\varphi_p = 48,5^\circ$ – розрахункова широта.

З урахуванням того, що широти φ_p та $\varphi_{\bar{b}}$ відомі, то рівняння (2.10) можна переписати у вигляді:

$$E_{mp} = E_{m\bar{b}} \cdot 1,048 \quad (2.11)$$

Дані базової інтенсивності сонячної радіації для 11-12 годин дня, приведені в таблиці 2.7 [13].

Таблиця 2.7 - Базова інтенсивність сонячної радіації для 11-12 годин дня

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$E_{m\bar{b}}$, Вт/м ²	315	490	655	765	865	880	845	785	675	510	355	280

За формулою 2.3 розраховуємо значення потужності сонячної радіації:

Для 1 місяця:

$$E_{mp}=315 \cdot 1,048=330,12 \text{ Вт/м}^2.$$

Для наступних місяців розрахунок проводиться аналогічно, результати розрахунку зведено до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Інтенсивність сонячної радіації в м. Запоріжжя

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E_{mp} , Вт/м ²	330	513	686	801	906	922	885	822	707	534	372	293

Розрахункова продуктивність сонячного колектору визначають за формулою:

$$P=I_{СК} \cdot \eta_{СК} \quad (2.12)$$

де $I_{СК}$ – Інтенсивність сумарної сонячної радіації на похилу поверхню (α 45°) кВт/м²;

$\eta_{СК}$ – ККД сонячного колектору;

$\eta_{СК}=(0,28\dots 0,4)$ в залежності від сезону.

Підставивши числові значення в (2.4), одержимо

$$P= 0,0522 \cdot 0,33=0,0174$$

Добова потреба в тепловій енергії на ГВП:

$$Q^{доб.}_{норм} = C \cdot G \cdot (50-15) \cdot 10^{-6} \quad (2.13)$$

$$Q^{доб.}_{норм} = 4,19 \cdot 3335 \cdot (50-15) \cdot 10^{-6} = 0,5 \text{ ГДж/доб. (139 кВт} \cdot \text{год/доб.)}$$

де добову витрату гарячої води приймають за СНиП 2.04.01. -85. [2]

$G_{доб.} = 3335 \text{ л/доб.}$;

температура гарячої води $T_{г.в.} = 50^\circ\text{C}$;

температура водопровідної води $T_{в.в.} = 15^\circ\text{C}$.

Добова потужність на ГВП:

$$P_{ГВП} = \frac{Q_{норм.}^{доб.}}{24}; \quad (2.14)$$

$$P_{ГВП} = \frac{139}{24} = 5,82 \text{ кВт.}$$

де $P_{ГВП}$ - добова потужність на ГВП.

Необхідна площа сонячного колектору:

$$S_{СК} = \frac{P_{ГВП}}{\Pi}; \quad (2.15)$$

$$S_{СК} = \frac{5,82}{0,0174} = 334,2 \text{ м}^2.$$

Середня вироблена енергія 1 м² сонячного колектору за місяць, тис. кВт·год:

$$W_{СК} = \Pi \cdot N_g \cdot N_i \quad (2.16)$$

$$W_{СК} = 0,0173 \cdot 31 \cdot 9 = 4,8 \text{ тис.кВт·год}$$

де $W_{СК}$ - вироблена енергія сонячного колектору за місяць;

Π - розрахункова продуктивність сонячного колектору;

N_d - число днів у місяці;

N_i - число годин інсоляції.

Необхідну площу сонячного колектору визначаємо по формулі (2.7).

$$S_{СК} = \frac{2,649}{0,0798} = 33,2 \text{ м}^2$$

Приймаємо необхідну площу сонячного колектору для червня 33,2 м².

Результати розрахунку теплових характеристик сонячного колектору занесені до таблиці 2.9.

Необхідна теплова енергія на ГВП за місяць:

$$W_{ГВП} = Q_{норм}^{доб.} \cdot N_{р.д} \quad (2.17)$$

$$W_{ГВП} = 139 \cdot 21 = 2919 \text{ кВт·год}$$

де $N_{р.д.}$ - число робочих днів у місяці;

$W_{ГВП}$ - необхідна теплова енергія на ГВП.

Таблиця 2.9 - Теплові характеристики СК

Місяць	Кількість днів	Кількість годин інсоляції	Середня інтенсивність сумарної сонячної радіації на похилу поверхню ($\alpha 45^\circ$) I , кВт/м ²	Середня розрахункова продуктивність сонячного колектору Π , кВт/м ²	Необх ідна $S_{СК}$, м ²	Середня вироблена енергія 1м ² сонячного колектору $W_{СК}$, кВт·год/м ²
1	31	9	0,0522	0,0173	334,3	4,84
2	28	9	0,0672	0,0224	259,3	5,64
3	31	14	0,1274	0,042	137,8	18,23
4	30	14	0,1638	0,0546	106,4	22,93
5	31	14	0,224	0,0742	77,8	32,20
6	30	16	0,2394	0,0798	72,6	38,30
7	31	16	0,2688	0,0896	64,7	45,83
8	31	16	0,2422	0,0812	71,4	41,03
9	30	11	0,1834	0,0616	94,2	20,33
10	31	11	0,1162	0,0392	147,9	13,37
11	30	11	0,049	0,0168	345	5,54
12	31	9	0,0364	0,0126	460	3,52

Електроенергія на підігрів води:

$$W_E = W_{ГВП} - W_{СК} \cdot S_{СК} \quad (2.18)$$

$$W_E = 2919 - 4,8 \cdot 72,6 = 2573,04 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{міс}.$$

де W_E - електроенергія на підігрів води кВт·год;

$W_{СК}$ - вироблена енергія сонячного колектору за місяць.

Вартість електроенергії грн.:

$$B_E = T \cdot W_E \quad (2.19)$$

де T – тариф на електроенергію (1,48 грн./кВт·год)

$$B_E = 1,48 \cdot 2572,04 = 3808 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків потреби в теплової енергії занесені до таблиці 2.6.

Для обчислення щомісячного приходу енергії на 1 м² використовується емпірична формула [9]:

$$E_{\text{міс}} = \frac{7200}{\pi} \cdot E_{\text{мп}} \cdot \tau_c \cdot \psi_c \cdot n_{\text{міс}} \quad (2.20)$$

де $E_{\text{мп}}$ – максимальне розрахункове значення інтенсивності сонячної радіації, Дж/(м²міс). (з таблиці 2.4)

τ_c – тривалість світового дня, год. (з таблиці 2.1)

ψ_c – коефіцієнт сонячного випромінювання. (з таблиці 2.1)

$n_{\text{міс}}$ – кількість днів у місяці.

Щомісячний приход енергії на 1 м², горизонтальної поверхні визначаємо за формулою 2.13, для розрахунків складемо зведену таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 - Потреба в тепловій енергії на ГВП

Місяць	Необхідна тепла енергія на ГВП, кВт·год	Електроенергія на підігрів води кВт·год	Вартість електроенергії
1	2919	2573,04	3808,0992
2	2780	2376,8	3517,664
3	2641	1339	1981,72
4	3197	1559	2307,32
5	2502	201,8	298,664
6	2502	234	346,32
7	3197	76,6	113,368
8	2919	11,74	17,3752
9	2919	1467	2171,16
10	3197	2242,2	3318,456
11	2919	2523	3734,04
12	3058	2804,11	4150,0828
За рік	-		24810,1428

Таблиця 2.11 - Щомісячний прихід енергії на 1 м² горизонтальної поверхні

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E_{mr} , Вт/м ²	330	513	686	801	906	922	885	822	707	534	372	293
τ_c , год	8,76	10	11	13	15	16	15	14	12	10	9,3	8,4
ψ_c	0,18	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,4	0,2	0,1
$n_{міс}$, шт.	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$E_{міс} \cdot 10^8$ Дж/(м ² день)	0,37	0,8	2,2	3,3	5,3	6,1	6,6	5,9	3,7	1,9	0,7	0,3

1 місяць:

$$E_{міс} = \frac{7200}{\pi} \cdot 330,1 \cdot 8,76 \cdot 0,18 \cdot 31 = 0,37 \cdot 10^8, \text{ Дж.}$$

Для наступних місяців розрахунок проводиться аналогічно, результати розрахунку занесені у таблиці 2.7.

Прихід енергії на 1 м² горизонтальної поверхні протягом всього року дорівнює:

$$E_{року} = \sum_1^{12} E_{міс} = 10^8 \cdot (0,370 + 0,819 + 2,245 + 3,374 + 5,375 + 6,190 + \\ + 6,603 + 5,977 + 3,748 + 1,951 + 0,690 + 0,315) = 3,766 \cdot$$

2.5 Розрахунок оптимального кута установки сонячного колектору

Кут схилення визначається за приблизною формулою Купера [9,10]:

$$\delta_c = 23,45 \cdot \sin\left(\frac{284 + n}{365} \cdot 360\right) \quad (2.21)$$

де n – порядковий номер дня в році;

1 місяць:

$$\delta_c = 23,45 \cdot \sin\left(\frac{284 + 15}{365} \cdot 360\right) = -21,27^\circ$$

Для наступних місяців розрахунок проводиться аналогічно. Значення δ_c наведені в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 - Кут схилення Сонця

Місяці	1	2	3	4	5	6
δ_c , град	-21,27	-13,29	-2,82	9,41	18,79	23,31
Місяці	7	8	9	10	11	12
δ_c , град	21,52	13,78	2,22	-9,60	319,00	-23,34

Для забезпечення найліпших умов поглинання енергії сонячним колектором при цілорічному використанні, його поглинальна поверхня має бути орієнтована на південь із нахилом β_{opt} , що дорівнює тепловим розрахункам з посилення [11]:

$$\beta_{opt} = \varphi_p - \delta_c. \quad (2.22)$$

Остаточо із врахуванням рекомендацій приймемо $\beta = 45^\circ$.

Використовуючи кут схилення Сонця та широту регіону, можна знайти кут заходу (сходу) Сонця для горизонтальної поверхні.

Кут $\omega_{згп}$ являє собою кут між південним напрямком та напрямком заходу Сонця. $\omega_{згп}$ розраховується за формулою 2.16:

$$\omega_{згп} = \arccos(-tgj_p \cdot tg\delta_c). \quad (2.23)$$

1 місяць:

$$\omega_{згп} = \arccos(-tg48,5 \cdot tg(-21,31)) = 63,90^\circ.$$

Результати розрахунку $\omega_{згп}$ за місяцями зведено до таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 - Кут між південним напрямком та напрямком заходу Сонця

Місяці	1	2	3	4	5	6
$\omega_{зпн}$, град	63,90	74,52	86,81	100,80	112,62	119,15
Місяці	7	8	9	10	11	12
$\omega_{зпн}$, град	116,46	106,10	92,51	78,98	10,72	60,82

Кут заходу Сонця для нахиленої поверхні підраховується за формулою:

$$\omega_{зпн} = \arccos(-\operatorname{tg}(\varphi_p - \beta) \cdot \operatorname{tg}\delta_c) \quad (2.24)$$

1 місяць:

$$\omega_{зпн} = \arccos(-\operatorname{tg}(48,5 - 45) \cdot \operatorname{tg}(-21,27)) = 88,64 \text{ град.}$$

Результати розрахунку $\omega_{зпн}$ за місяцями зведено до таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 - Кут між південним напрямком та напрямком заходу Сонця, для нахиленої поверхні

Місяці	1	2	3	4	5	6
$\omega_{зпн}$, град	88,64	89,17	89,83	90,58	91,19	91,51
Місяці	7	8	9	10	11	12
$\omega_{зпн}$, град	91,38	90,86	90,14	89,41	86,95	88,49

Для розрахунків приймемо $\omega_{зпн} = 90^\circ$ впродовж всього року.

Коефіцієнт X_{np} , враховуючий вплив кута установки нахиленої поверхні β на добове сприйняття прямої радіації, можна визначити як:

$$X_{np} = \frac{\cos(\varphi_p - \beta) \cdot \cos \delta_c \cdot \sin \omega_{зпн} + \frac{\omega_{зпн}}{180} \cdot \pi \cdot \sin(\varphi_p - \beta) \cdot \sin \delta_c}{\cos \varphi_p \cdot \cos \delta_c \cdot \sin \omega_{зпн} + \frac{\omega_{зпн}}{180} \cdot \pi \cdot \sin \varphi_p \cdot \sin \delta_c} \quad (2.25)$$

Враховуючи, що кут установки нахиленої поверхні β приблизно дорівнює широті місцевості φ_p , а $\omega_{зпн} = 90^\circ$, після спрощень можна отримати:

$$X_{np} = \frac{\cos \delta_c}{\cos \varphi_p \cdot \cos \delta_c + \frac{\pi}{2} \cdot \sin \varphi_p \cdot \sin \delta_c}. \quad (2.26)$$

1 місяць:

$$X_{np} = \frac{\cos(-21,27)}{\cos 48,5 \cdot \cos(-21,27) + \frac{\pi}{2} \cdot \sin 48,5 \cdot \sin(-21,27)} = 4,89.$$

Результат розрахунку коефіцієнта X_{np} , враховуючого вплив кута установки нахиленої поверхні β на добове сприйняття прямої радіації протягом року наведений в таблиці 2.15.

Таблиця 2.15 - Коефіцієнт X_{np} прямого надходження Сонця

Місяці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
X_{np}	4,89	2,60	1,65	1,17	0,94	0,85	0,89	1,05	1,41	2,16	3,93	6,45

Важливою характеристикою радіаційного режиму є відношення дифузійної складової до сумарної радіації

$$\psi_{диф} = \frac{E_{диф}}{E} \quad (2.27)$$

Як показують спостереження це відношення в межах України від широти місцевості практично не залежить і при ясному небі є достатньо сталою величиною. В зимні місяці можна приймати $\psi_{диф} = 0,21$.

Значний вплив на значення $\psi_{диф}$ має хмарність. Так, при середній хмарності взимку частка дифузійної складової коливається в межах $\psi_{диф} = 0,6 \div 0,8$, а влітку $\psi_{диф} = 0,3 \div 0,55$. Через невизначеність зміни $\psi_{диф}$ у хмарну погоду доцільно обчислити потужність сонячної радіації при ясному небі, а вплив хмарності і прозорості атмосфери урахувати за допомогою коефіцієнту сонячного сйива ψ_c . Під коефіцієнтом сонячного сйива розуміють відношення сонячного сйива при даних умовах до можливого.

Частина падаючої сонячної радіації E_1 відбивається від поверхні Землі. Відношення $I_a = E_1/E$ характеризує відбивну здатність підстилаючої поверхні і носить назву альbedo Землі. В літні місяці альbedo Землі достатньо стає і його

значення коливається в межах $0,16 \div 0,26$. В зимові місяці при голому ґрунті $i_a=0,07 \div 0,1$, а при сніговому покриві може досягати значення 0.89. В теплотехнічних розрахунках приймають влітку $I_a = 0,2$, а взимку $I_a = 0,7$.

Коефіцієнт перерахунку кількості сонячної енергії з горизонтальної поверхні на похилу поверхню X_i сонячного колектору дорівнює сумі трьох складників відповідних прямому, розсіяному та відбитому сонячному випромінюванню:

$$X_i = (1 - \psi_{\text{диф}}) \cdot X_{\text{пр}} + \psi_{\text{диф}} \cdot \frac{1 + \cos(\beta)}{2} + I_a \cdot \frac{1 - \cos(\beta)}{2} \quad (2.28)$$

де $\psi_{\text{диф}}$ – середньомісячна денна кількість розсіяного сонячного випромінювання

I_a - коефіцієнт відбиття поверхні землі й навколишніх тіл (альbedo)

$\psi_{\text{диф}} = 0,21$ – для всього року;

$I_a = 0,7$ - для зими; 0,2 - для літа;

1 місяць:

$$X_1 = (1 - 0,21) \cdot 4,89 + 0,21 \cdot \frac{1 + \cos(45)}{2} + 0,7 \cdot \frac{1 - \cos(45)}{2} = 4,142$$

Для наступних місяців коефіцієнт X_i визначається аналогічно, результати розрахунків зведено до таблиці «Коефіцієнт перерахунку кількості сонячної енергії» таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 - Коефіцієнт перерахунку кількості сонячної енергії

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$X_{\text{пер}}$	4,1	2,3	1,5	1,1	0,9	0,8	0,9	1,0	1,3	1,9	3,3	5,3

Кінцеву середньомісячну потужність сонячної радіації $E_{\text{мп}}$, що приходить на нахилу поверхню обчислюють за формулою:

$$E_{\text{мп}} = X \cdot E_{\text{міс}} \quad (2.29)$$

де $E_{\text{міс}}$ – щомісячний прихід сонячної енергії на 1 м^2 , Дж/($\text{м}^2 \cdot \text{міс}$).

Значення $E_{\text{міс}}$ узято з таблиці 2.3 «Базова інтенсивність сонячної радіації»

для 11-12 годин дня»

1 місяць:

$$E_{nn_1} = 4,142 \cdot 0,370 \cdot 10^8 = 1,532 \cdot 10^8 \frac{\text{Дж}}{\text{м}^2 \cdot \text{день}}.$$

Значення E_{nn} для всього року приведені в таблиці 2.17 та на рисунку 2.10.

Таблиця 2.17 - Середньомісячна потужність сонячної радіації

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
E_{nn} , $10^8 \text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{міс})$	1,5	1,9	3,5	3,8	5,1	5,4	6	6,2	4,9	3,8	2,3	1,7

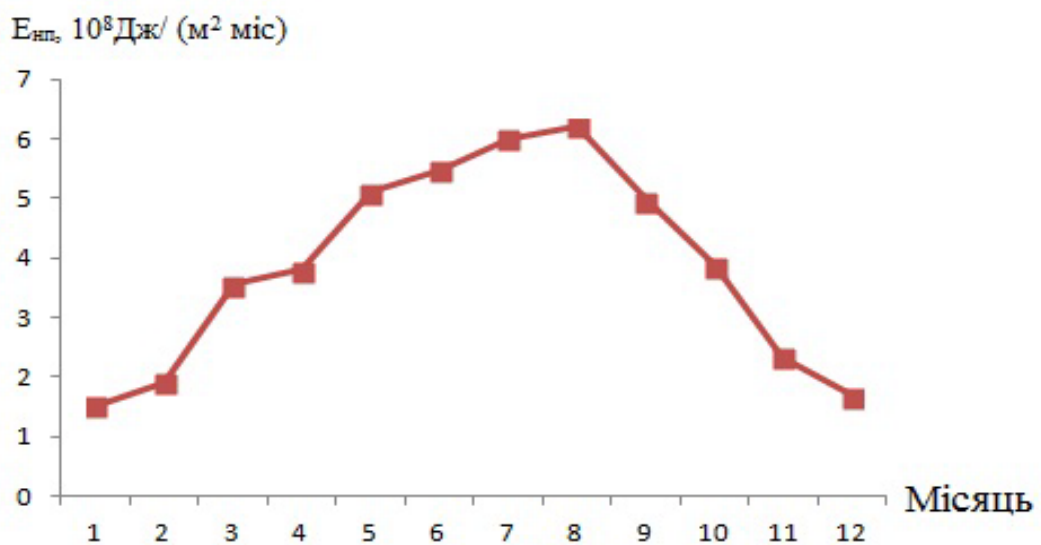


Рисунок 2.10 – Графік середньомісячної потужності сонячної радіації

Кількість енергії, що приходить на 1 м^2 нахиленої поверхні за рік:

$$E_{\text{рік}} = \sum_{i=1}^{12} E_{nn_i}. \quad (2.30)$$

$$E_{\text{рік}} = 10^8 \cdot (1,532 + 1,912 + 3,565 + 3,811 + 5,115 + 5,471 + 6,008 + 6,210 + 4,963 + 3,874 + 2,339 + 1,694) = 46,495 \cdot 10^8 = 4,65$$

2.6 Розрахунок теплового навантаження системи ГВП

Місячне теплове навантаження $Q_{міс}$ визначається за формулою:

$$Q_{міс} = G \cdot C \cdot \Delta t \cdot z \quad (2.31)$$

де $Q_{міс}$ – місячна потреба теплоти, Дж/(м² міс).

G – витрати теплоносія в день, кг/день;

C – середня теплоємність робочого тіла у заданому діапазоні температур, Дж/(кг град).;

Δt – різниця температур теплоносія, °С ;

z – кількість днів у місяці.

Задамося: $t_1 = 8^\circ\text{C}$

$t_2 = 60^\circ\text{C}$.

$C = 4190$ Дж/(кг·град)

$G = 800$ кг/день

1 Місяць:

$$Q_{міс_1} = 800 \cdot 4190 \cdot 55 \cdot 31 = 5,715 \cdot 10^9$$

Результати розрахунку середньомісячного теплового навантаження зведено до таблиці 2.18.

Таблиця 2.18 Середньомісячне теплове навантаження

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$Q_{міс}$, ГДж/ (м ² міс)	5,71	5,16	5,71	5,53	5,71	5,53	5,71	5,71	5,53	5,71	5,53	5,71

2.7 Розрахунок необхідної площі геліоколекторного поля

Проектування геліоколекторного поля є одним з етапів проектування геліосистеми в цілому. На відміну від котлів або теплових насосів питома продуктивність геліосистеми невелика. Потужність, що отримується від сонячного випромінювання, безпосередньо залежить від площі поглинаючої панелі сонячного колектору. Більшість споживачів вимагають більшу кількість тепла, ніж може видати один сонячний колектор стандартного типу.

Практично неможливо виготовляти сонячні колектори будь-якого розміру і форми, оскільки існують вимоги до монтажу і міцності матеріалів що використовуються при виробництві. Тому більшість сучасних сонячних систем представляють собою з'єднання між собою певної кількості окремих сонячних колекторів. Причому їх кількість визначається потребою конкретного об'єкта в тепловій енергії.

Процес проектування геліоколекторного поля полягає у визначенні розміщення сонячних колекторів і оптимальної настройки циркуляції теплоносія.

При проектуванні великих геліосистем з числом колекторів від 12 шт. або через конструктивні особливості планованого місця установки необхідно використовувати змішану схему підключення геліоколекторного поля.

При підключенні двох і більше колекторних груп об'єднаних між собою послідовно, рекомендується рівномірно розділяти кількість колекторів у кожній з груп. Наприклад, при попередньому розрахунку необхідно встановити 17 сонячних колекторів то доцільно буде встановити на один колектор менше або більше. У такому випадку можна встановити два ряди колекторів по 8 або 9 шт. У такому випадку немає необхідності встановлювати додаткові балансувальні клапани. Групи повинні підключатися за принципом Тіхельмана. У такому випадку кожен геліоколекторний ряд має однакове гідравлічний опір, отже і рівномірний об'ємний потік теплоносія.

За неможливості встановлення колекторів у рівномірні групи необхідно використовувати балансувальні клапани для кожної групи. Величина об'ємного потоку теплоносія повинна бути пропорційна величині площі кожної групи. Простіше кажучи, якщо 10 колекторів підключені в дві групи послідовно з'єднаних колекторів 6 і 4 шт. то об'ємний потік розділяється для кожної групи у відсотковому співвідношенні 60 % для шести сонячних колекторів і 40 % для чотирьох.

Для оптимального проектування геліоколекторного поля необхідно розглядати різні варіанти підключення колекторних груп. Серед них необхідно вибрати оптимальний варіант, який не потребує складної балансування геліоколекторного поля.

Наприклад, якщо у змішаній схемі верхня колекторна група має таку ж кількість колекторів, як і сума двох нижніх, то гідравлічний опір буде різним і буде потрібно складна балансування груп.

У такому випадку, можна підключити дві нижні групи послідовно. Це дозволить уникнути балансування колекторних груп.

Площу сонячного колектору обрали $72,6 \text{ м}^2$, це можна прослідити з рисунку 2.11.

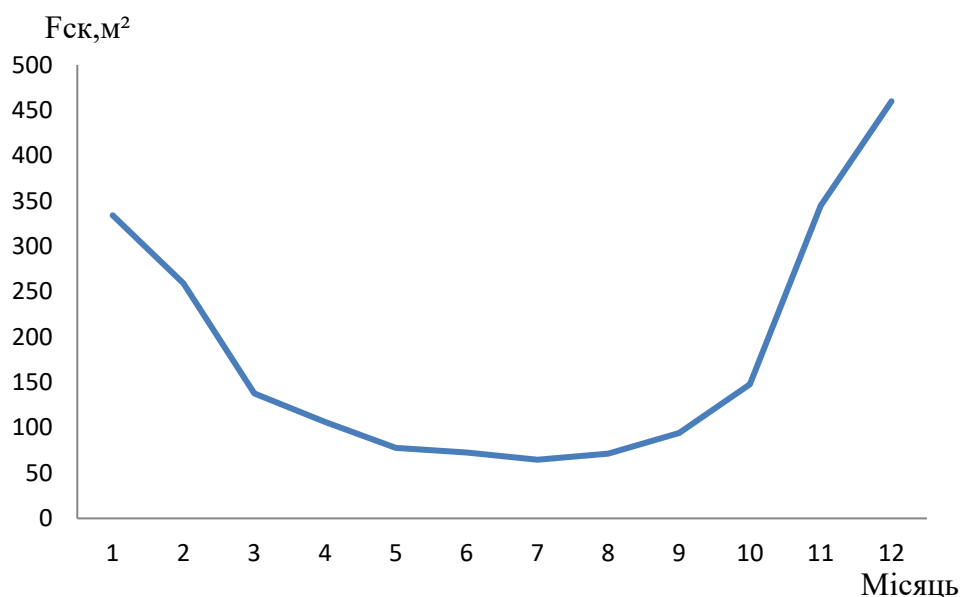


Рисунок 2.11 – Площа необхідного сонячного колектору за місяцями

Як видно з рисунку 2.7 доцільно забезпечувати споживачів гарячою водою не цілорічно, а лише в період з червня по серпень. Тим самим забезпечуючи мінімальні капітальні втрати на впровадження системи гарячого водопостачання. В зимові місяці та в міжсезоння догрів води забезпечується дублюючим джерелом енергії.

Кількість сонячних колекторів:

$$N_{ск} = \frac{F_{ск}}{b_{ск} \cdot l_k}, \quad (2.32)$$

де $b_{ск}$ - площа теплоприймальної пластини СК 1,6 м²

$$F_{\Sigma} = 23 \cdot 1 \cdot 1,6 = 73,6 \text{ м}^2$$

В світі щорічно зростають потреби в енергії, а кількість традиційного палива невпинно зменшується. Сонячна теплова енергія за цих обставин набуває все більшої зацікавленості громадськості. Отримання енергії від Сонця має низку переваг:

1. Сонячна енергія доступна в кожній точці нашої планети, розрізняючись по щільності потоку сонячного випромінювання не більше ніж в два рази. Тому вона приваблива для всіх країн, відповідаючи їх інтересам в напрямку енергетичної незалежності;

2. Сонячна радіація - це екологічно чисте джерело енергії, що дозволяє використовувати його у все більш зростаючих масштабах без негативного впливу на довкілля;

3. Сонячне випромінювання – це практично невичерпне джерело енергії, яке буде доступне через мільйони років.

Основними напрямками використання сонячній енергії вважаються:

1. Здобуття тепла шляхом прямої абсорбції сонячного випромінювання;
2. Перетворення сонячної радіації на електричну енергію.

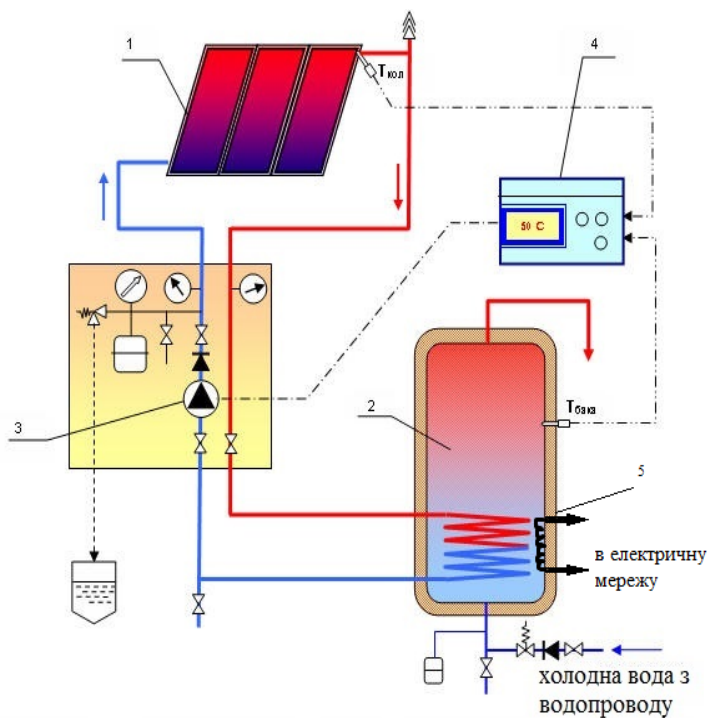
2.8 Обґрунтування вибору геліоколектору

На теперішній час промисловістю випускається велика кількість різноманітних за характеристиками і змістом геліоколекторів. Наразі гостро стоїть питання оптимізації параметрів та вибору найбільш підходящого варіанту.

Удосконалення плоских колекторів розвивається по двох напрямках:

1) випуск недорогих низькотемпературних колекторів для одержання гарячої води при температурі $50\text{—}60^\circ\text{C}$, для побутових потреб у теплий період року;

2) створення колекторів з поліпшеними характеристиками при підвищених значеннях температур. Принципова схема двоконтурної системи представлена на рис. 2.12.



1. Колектори; 2. Бак-акумулятор; 3. Циркуляційний насос з набором вимірювальних приладів і клапанів (або насосна станція); 4. Мембранний розширювальний бак колекторного контуру; 5. Електронагрівач

Рисунок 2.12 - Принципова схема двоконтурної системи сонячного гарячого водопостачання з примусовою циркуляцією

Зазвичай такі системи уявляють собою комплект, основне обладнання сонячного колектору наведено у таблиці 2.19 що складається з наступних основних елементів:

Таблиця 2.19 - Основне обладнання сонячного колектору

Назва обладнання	Тип та марка	Кількість, шт
Сонячний колектор	Sunrise PK ST NL	20
Бак акумулятор	Atmosfera, ємність 5800л	1
Робоча станція	РС - 116	1
Розширювальний Бак	на 300 л	1

Сумарна потужність сонячного колектору 59 140 кВт·год/рік, та об'єм баку 5800 м³; Приблизна вартість обладнання становить 86 тис. грн. Додаткове обладнання для монтажу: Гофрована труба з нержавіючої сталі, теплоізоляційні матеріали, фітинги, електрокомплектуючі, витратні матеріали, теплоносій. Приблизна вартість додаткового обладнання 10 тис. грн.

Для ЗДП “Кремнійполімер” вибираємо сонячний колектор плоский Sunrise PK ST NL 1,66 м², в кількості 20 шт (рисунок 2.19). Тип покриття - Standart виробляється з чорним селективним покриттям і застосовується в сезонних сонячних умовах у період року з квітня по жовтень. Вони задовольняють потреби щодо забезпечення гарячої води на 80-100 %. Сонячний колектор плоский.

- модель: sunrise pk st nl 1,66;
- розмір : 772x2125x90 мм;
- виробник sunrise;
- країна виробник Болгарія;
- підключення: компресійний фітинг ø 22;
- корпус алюмінієвий.

Надійний корпус витримує суворі умови навколишнього середовища і забезпечує довгий термін експлуатації продукту. Конструкція рами забезпечує легку фіксацію і кілька можливостей монтажу колектору.



Рисунок 2.13 – Загальний вид геліоколектору Sunrise PK ST NL

Поглинач виготовлений з елементів покритих міддю, для хорошої передачі тепла від сонця до теплоносія. Силіконові ущільнення стійкі до ультрафіолетового випромінювання. Спеціально розроблені профілю та ущільнення забезпечують герметичність алюмінієвих конструкцій. Зроблено зі стійкого до сонця силікону високої якості. Ізоляційна мінеральна вата з винятковими теплоізоляційними можливостями тримає теплові втрати навіть в суворих кліматичних умовах.

Форма трубки абсорбера виконана у вигляді арфи, забезпечує малий гідравлічний опір і економічною витратою енергії. Кожен колектор перевіряється на герметичність. У виробництві використовується захисне скло сонячних колекторів DurasolarP+. Завдяки призматичної форми він захоплює навіть непрямі промені сонця і направляє їх прямо на поглинач. Це дозволяє сонячним променям потрапляти в колектор без відображення.

Будучи з низьким вмістом заліза ($FeO \leq 0.02\%$), скло має більш високу швидкість передачі енергії, ніж звичайні скла, витримують сніг і град. Силіконові ущільнення стійкі до ультрафіолетового випромінювання. Спеціально розроблені профілю та ущільнення забезпечують герметичність алюмінієвих конструкцій. Зроблено зі стійкого до сонця силікону високої якості.

Найпростіша система, яка не потребує використання додаткових джерел енергії, складається з накопичувальної ємності та панелі.

2.9 Впровадження системи регулювання теплового навантаження

Відомо, що централізовані котельні не в змозі оперативно реагувати на зміни зовнішньої температури повітря, а тому споживачеві потрібно оплачувати надлишкове тепло коли температура повітря зросла, а центральна котельня не встигла зменшити температуру теплоносія [5].

З цих міркувань використання систем регулювання теплоспоживання у сукупності з системою обліку спожитої теплової енергії є дуже привабливим. Такі системи здатні оперативно реагувати на зміни температури повітря та зменшувати споживання теплової енергії, а теплові лічильники встановлені на вводах теплотраси будуть фіксувати зниження споживання тепла ЗДП “Кремнійполімер” не залежно від режиму роботи центральної котельної.

Для визначення ефекту енергозбереження від впровадження автоматизованої системи регулювання теплового навантаження будівлі з урахуванням погодних умов проведемо дослідження.

Осереднене споживання теплової енергії за опалювальний період в середньому за досліджувані роки, складає 917,59 ГКал.

Усереднене значення тарифу на теплову енергію за встановлений період складає 1877,68 грн. / ГКал.

Визначимо грошові витрати на теплову енергію в середньому за рік :

$$P = 917,59 \cdot 1877,68 = 71278,39 \text{ грн}, \quad (2.33)$$

Визначимо почасове середнє значення споживання теплової енергії :

$$Q_o = \frac{Q}{n_1 \cdot n_2 \cdot n_3}; \quad (2.34)$$

де Q - споживання теплової енергії за опалювальний сезон;

n_1 - кількість тижнів опалювального сезону;

n_2 - кількість днів в тижні;

n_3 - кількість годин в добі.

Отримаємо:

$$Q_o = \frac{917,59}{28 \cdot 7 \cdot 24} = 0,2 \text{ Гкал/рік}$$

При використанні автоматизованої системи регулювання теплового навантаження будівлі з урахуванням погодних умов, з урахуванням оптимізованого розташування пацієнтів по палатах скористаємося статистичним даним середньодобової температури м. Запоріжжя для визначення орієнтовного графіка навантаження на майбутні періоди (рисунок 2.5). При експлуатації опалювальних установок із-за наявності теплової інерції будівель враховуються не миттєві, а середньодобові значення температур зовнішнього повітря.

Середньодобові значення температур за 10 років сортувалися за величиною, після чого вироблявся розрахунок відносної частоти стояння кожної з середньодобових температур протягом середньостатистичного опалювального сезону. Аналіз даних показує, що близько 15% опалювального сезону утримується температура вище чим 8°C, що вказує на можливість енергозбереження при правильному регулюванні навантаження на опалювання. Таким чином враховуючи все вище сказане задаємо графік навантаження. Зробимо диференціацію часу опалювання на робочий і вихідний день. Крім того, в робочий день система опалювання працюватиме на повне навантаження протягом 12 годин (06:00-18:00), інші 12 годин і 24 години у вихідні дні для підтримки декілька меншої температури (на рівні +19 ° C) система опалювання працюватиме з 80 % навантаженням.

Введемо такий графік навантаження :

Понеділок, вівторок, середа, четвер, п'ятниця (5 робочих днів) 12 годин - 100%; 12 годин - 80% навантаження.

Вихідні: 24 години - 80% навантаження.

Такий графік характерний у разі, якщо автоматика не враховує погодних умов. Враховуючи те, що близько 15% опалювального сезону утримується температура вище 8°C, автоматика обмежувати теплове навантаження. Приймаємо зниження теплоспоживання на 10%. Розрахуємо споживання

теплової енергії з урахуванням можливості регулювання теплового навантаження.

$$Q_p = Q_o \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot (n_3 + n_3 \cdot 0,8) + Q_o \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot n_3 \cdot 0,8, \text{ Гкал/опал.період}; \quad (2.35)$$

$$Q_p = 0,2 \cdot 28 \cdot 5 \cdot (12 + 12 \cdot 0,8) + 0,2 \cdot 28 \cdot 2 \cdot 24 \cdot 0,8 = 655,87 \text{ Гкал/опал.період}$$

З урахуванням погодних умов:

$$Q_{p+n} = Q_p - Q_p \cdot 0,1, \text{ Гкал/опал.період}; \quad (2.36)$$

$$Q_{p+n} = 655,87 - 655,87 \cdot 0,1 = 590,28 \text{ Гкал/опал.період};$$

Річна економія теплової енергії за рахунок проведення теплового навантаження складає:

$$\Delta Q = Q - Q_{p+n}; \text{ Гкал/опал.період}; \quad (2.37)$$

$$\Delta Q = 917,59 - 590,28 = 327,31 \text{ Гкал/опал.період.}$$

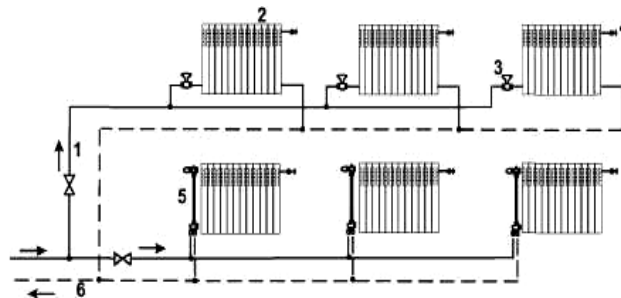
2.10 Модернізація міжповерхової розводки труб опалення

Для збереження теплової енергії дуже важливо правильно оцінити потреби в теплі в порівнянні з реальною витратою теплоносія. Тому необхідно встановлювати лічильники тепла на введеннях в об'єкт. У такому разі розрахунок вестиметься відповідно до реальної витрати теплоносія. Для приведення потоку і температури до необхідного споживання можуть бути використані електронні програмовані регулювальники і 2-ходовий клапан з електроприводом редуктора розміщуваний на зворотному трубопроводі системи опалювання, який управляє температурою потоку.

Горизонтальні двотрубні системи (рисунок 2.14) бувають з верхньою і нижньою розводкою. Нижня розводка дає ще одну перевагу: ділянки системи опалювання можна вводити в роботу поетапно, у міру будівництва поверхів.

Вертикальні двотрубні схеми можуть використовуватися у будинках зі змінною поверховістю.

Найбільше поширення отримали двотрубні схеми опалювання. У двотрубній системі (рисунок 2.14) кожен нагрівальний прилад приєднується до двох труб: по одній підводиться гаряча вода, а по іншій йде охолоджена вода, при цьому усі опалювальні прилади виявляються принципово паралельні і рівноправні по відношенню один одному.



1 - стояк; 2 - нагрівальні прилади; 3 - регулюючий кран; 4 - випуск повітря,
5 - регулююча арматура; 6 - магістраль зворотної води

Рисунок 2.14 - Схема горизонтальної двотрубної системи опалювання

Залежно від місця прокладення магістральних трубопроводів системи підрозділяються на системи з верхньою розводкою (рисунок 2.15), якщо гаряча(що подає), магістраль проходить вище за усі опалювальні прилади, і з нижньою розводкою (рисунок 2.16), коли і що подає і зворотна магістралі проходять нижче усіх нагрівальних приладів.

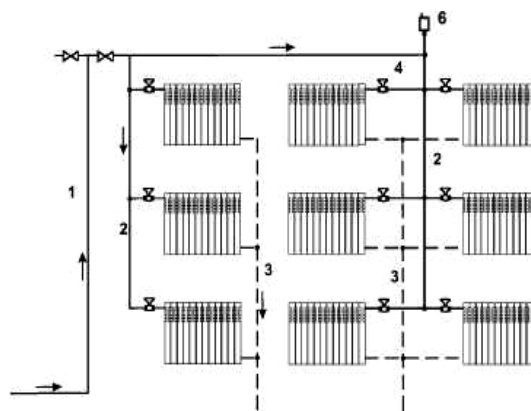
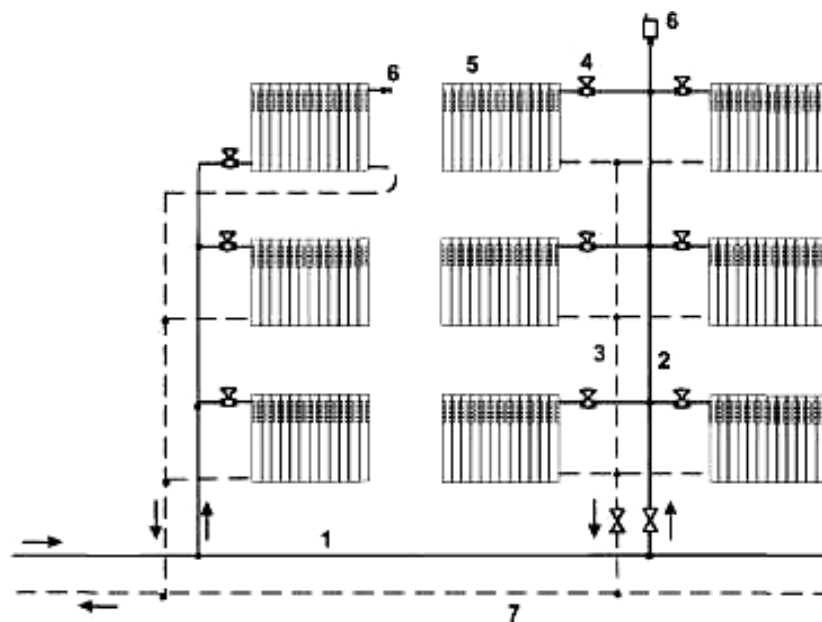


Рисунок 2.15 - Двотрубна вертикальна схема водяного опалювання з верхньою розводкою

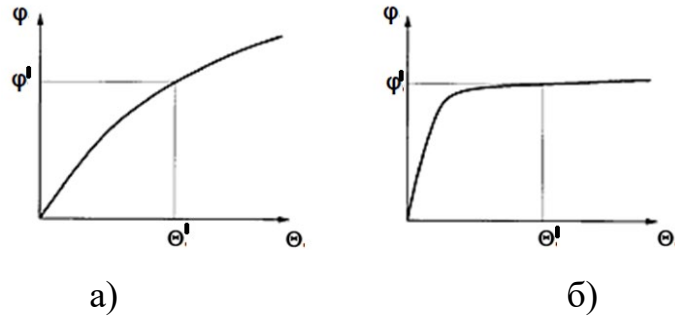
На рисунку 2.16 приведена схема вертикальної двотрубної системи опалювання з верхньою розводкою з одностороннім і двостороннім приєднанням нагрівальних приладів. Гаряча вода з теплового пункту подається в головний стояк, потім по горизонтальній магістралі розводиться до стояків і від них до нагрівальних приладів. Охолоджена вода з нагрівальних приладів збирається в загальний зворотний стояк і далі через зворотну магістраль поступає в тепловий пункт. Горизонтальні магістралі прокладаються з ухилом 0,002. Ухили горизонтальних труб повинні забезпечити вихід повітря з системи до верхніх точок, де він буде видалений.

У системі з нижньою розводкою магістральна пінія розташовується в нижній частині системи.



1 - магістраль гарячої води; 2 - стояки гарячої води; 3 - стояки зворотної води; 4 - крани приладів; 5 - нагрівальні прилади; 6 - випуск повітря; 7 - зворотна магістраль

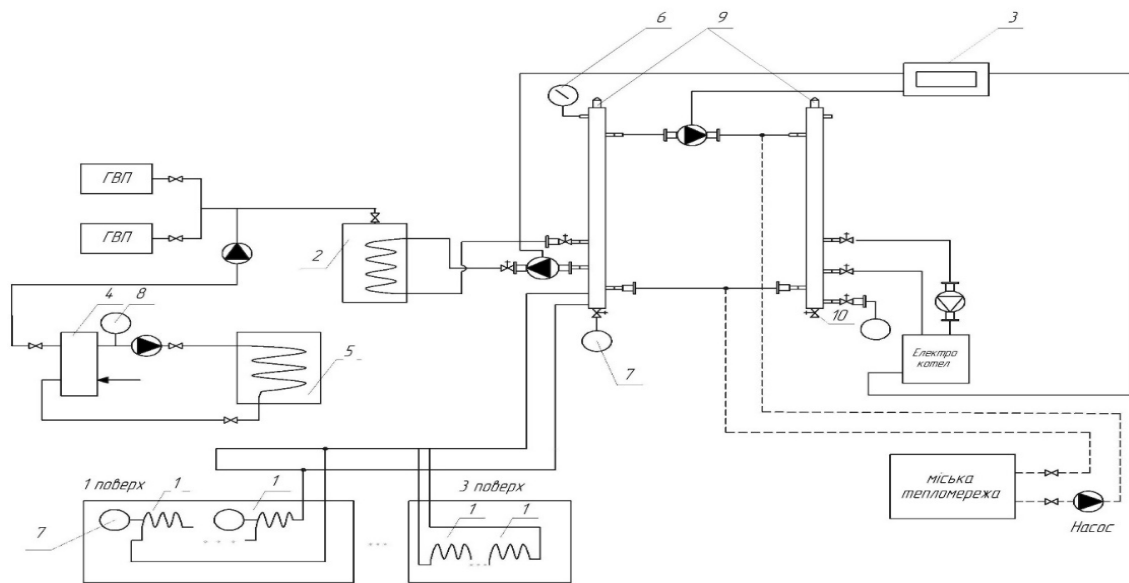
Рисунок 2.16 - Двотрубна вертикальна схема водяного опалювання з нижньою розводкою



а) однотрубна система, б) двохтрубна система

Рисунок 2.17 - Графіки ефективності двотрубної і однотрубної схем підключення

Як видно на графіках (рисунок 2.17) кути нахилу кривих дуже різні, а це означає, що для двотрубної системи зміни в тепловіддачі (Q) досить велике при зміні потоку, тоді як для однотрубної системи ми бачимо, що навіть великі зміни величини потоку практично не впливають на тепловіддачу. Враховуючи усе вище згадане, спроектована структура системи опалювання і ГВЗ ЗДП “Кремнійполімер” показана на рисунку 2.18.



1 - радіатор опалення; 2 - бойлер ГВП; 3 - контролер управління системою тепlopостачання; 4 - бак-акумулятор ГВП; 5 - геліоколектор; 6 - манометр; 7 - термостат радіатора; 8 - датчик температури ГВ; 9 - клапан видалення повітря; 10 - спускний вентиль

Рисунок 2.18 - Структура системи опалювання і ГВП ЗДП “Кремнійполімер”

Для двотрубної системи опалювання зменшення навантаження не впливає на падіння температури в системі, в той же час для однострубної системи невелике теплове навантаження викликає невеликий спад температури між тією, що подає і зворотною трубопроводом, тому що уся вода проходить через байпас в стояках. Висока різниця температур в двотрубних системі і малої різниці в однострубній.

Той факт, що для 2-трубної системи зміна величини потоку має відчутний вплив на тепловіддачу, також говорить про важливість можливості регулювання потоку означає необхідність наявності попереднього налаштування вентилів при використанні їх в двотрубні системи опалювання.

Завдяки застосуванню розвиненої схеми автоматичного контролю режимів роботи устаткування і температурних параметрів в усіх значущих точках системи, вдається оптимізувати розподіл тепла і, відповідно, витрати енергоресурсів.

2.11 Обґрунтування вибору електрокотлу

Для компенсації нестачі опалювальної потужності використовуємо настінний електричний опалювальний котел Logamax E213. Котел може працювати в діапазоні потужностей : 4 - 60 кВт (рисунок 2.19).

Основна перевага Logamax E213 полягає в простоті монтажу, налаштування і мінімальній кількості додатково необхідних елементів системи опалювання при підключенні.

Електричні котли не вимагають окремого приміщення для установки, вони безшумні і малогабаритні, тому підходять для установки в житлових приміщеннях. Для Logamax E213 не вимагається встановлювати димар, тому що цей вид котлів не виділяє шкідливих речовин, а також немає необхідності очищення і утилізації продуктів згорання.



Рисунок 2.19 – Загальний вид електрокотлу Logamax E213

Електричний опалювальний котел Logamax E213 є сучасним екологічним джерелом тепла і призначений для пристрою системи опалювання житлових будинків, квартир і подібних об'єктів. Котел може бути підключений до будь-якої системи центрального або поверхового опалювання, змішаних або накопичувальних систем. Він може бути встановлений у вже існуючих закритих системах опалювання з котлами для твердого палива.

Діапазон потужності котлів Logamax E213 складається з 12 типоразмерів електрокотлу Logamax E213 в діапазоні потужностей 4-60 кВт (таблиці 2.20, 2.21). Електрокотел можна приєднати до будь-якої схеми центрального або поверхового опалювання.

Електричний котел Logamax E213 складається з корпусу котла, електричного блоку (електрошафи), панелі управління, насоса, перемикача тиску води, запобіжного клапана і розширювального бака (залежно від типу котла). Рама електричного котла кріпиться на стіні за допомогою кронштейнів, що є частиною постачання. Корпус котла зварений із сталевих пластин і оснащений теплоізоляцією. У корпусі котла встановлені електричні нагрівачі елементи (від їх кількості залежить потужність котла). Обшивка котла виготовлена із сталі і покрита комакситовою фарбою.

Таблиця 2.20 - Параметри лінії для живлення електрокотлу

Потужність електрокотлу, кВт	Перетин кабелю для однофазних котлів, мм ²	Переріз кабелю для трифазних котлів, мм ²
до 4	4,0	2,2
до 6	6,0	2,4
до 10	10,0	2,45
до 12	16,0	2,5
до 16	18,8	4,0
до 22	19,0	6,0
до 27	21,0	10
до 30	22,0	16
До 45	28,0	25
До 60	31,1	35

Таблиця 2.21 - Параметри живлячої мережі електрокотлу

Потужність електрокотлу, кВт	Для однофазних котлів, А	Для трифазних котлів, А
4	25	10
6	32	16
10	50	20
12	63	25
14	68	25
16	75	32
22	79	40
27	83	50
30	87	63
45	90	80
52	94	100
60	98	125

На панелі розташовані елементи управління і сигналізації. Запобіжник знаходиться у верхній частині електричного пристрою. Триступінчатий насос забезпечує циркуляцію котельної води по усій системі опалювання. Котловою термостат регулює температуру води в корпусі котла, блокувальний термостат захищає корпус котла від перегрівання.

Вихідну температуру води і тиск в системі показує комбінований вимірювальний пристрій - термоманометр. Датчик контролю тиску контролює мінімальний тиск води в котлі (у опалювальній системі). При меншому тиску котел працювати не буде. У комплект постачання котла Logamax E213(4 - 60 кВт) входить насос і запобіжний клапан.

2.12 Розрахунок оптимального співвідношення між джерелами теплоти плануванням експерименту

Комбіновану систему тепlopостачання розраховували за допомогою планування експерименту.

Планування експерименту - вибір плану експерименту, що задовольняє заданим вимогам, сукупність дій спрямованих на розробку стратегії експериментування (від отримання апріорної інформації до отримання працездатною математичної моделі або визначення оптимальних умов). Це цілеспрямоване управління експериментом, що реалізовується в умовах неповного знання механізму досліджуваного явища [6].

У процесі вимірювань, наступної обробки даних, а також формалізації результатів у вигляді математичної моделі, виникають похибки і втрачається частина інформації, що міститься у вихідних даних. Застосування методів планування експерименту дозволяє визначити похибка математичної моделі і судити про її адекватності. Якщо точність моделі виявляється недостатньою, то застосування методів планування експерименту дозволяє модернізувати

математичну модель з проведенням додаткових дослідів без втрати попередньої інформації і з мінімальними витратами.

Мета планування експерименту - знаходження таких умов і правил проведення дослідів при яких вдається отримати надійну і достовірну інформацію про об'єкт з найменшою витратою праці, а також представити цю інформацію в компактній і зручній формі з кількісною оцінкою точності [7].

Серед основних методів планування, що застосовуються на різних етапах дослідження, використовують:

1) планування відсіває експерименту, основне значення якого виділення з усієї сукупності факторів групи істотних факторів, що підлягають подальшому детальному вивченню;

2) планування експерименту для дисперсійного аналізу, тобто складання планів для об'єктів з якісними факторами;

3) планування регресійного експерименту, що дозволяє отримувати регресійні моделі (поліноміальні і інші);

4) планування екстремального експерименту, в якому головне завдання - експериментальна оптимізація об'єкта дослідження;

5) планування при вивченні динамічних процесів і т.ін.

Під плануванням експерименту розуміється процедура вибору числа дослідів та умов їх проведення, необхідних для вирішення поставленого завдання з необхідною точністю. Всі змінні, що визначають досліджуваний об'єкт, змінюються одночасно за спеціальними правилами. Результати експерименту представляються у вигляді математичної моделі, що володіє певними статистичними властивостями, наприклад мінімальною дисперсією оцінок параметрів моделі.

Для експериментаторів, які не займаються плануванням багатфакторного експерименту, найбільш звичним методом дослідження є однофакторний експеримент. Він полягає в тому, що варіюється один фактор на декількох рівнях, а всі інші фактори підтримуються постійними.

Вплив інших факторів оцінити не можна. Висновки про вплив досліджуваного фактору можуть суттєво відрізнятись в залежності від рівня фіксування інших факторів.

Однак на практиці доводиться мати справу з багатофакторними об'єктами, де однофакторний експеримент неефективний.

У багатофакторних планах одночасно варіюється кілька факторів, а не кожен окремо.

План повинен бути складений так, щоб при статистичній обробці була можливість добре проаналізувати експеримент, перевірити чи існують ефекти досліджуваних факторів, визначити величину цих ефектів (не побачити неіснуючі і не "прогледіти" дійсні ефекти), знайти найменший значущий ефект і т.ін. Оцінки ефектів факторів можна вважати достовірними тільки тоді, коли ні неоднорідність експериментальних одиниць, ні інші невраховані фактори не в змозі привести до отриманого результату.

У плануванні експерименту сам експеримент розглядається як об'єкт дослідження та оптимізації. Тут здійснюється оптимальне управління веденням експерименту, в залежності від характеру досліджуваного об'єкта і цілей дослідження обґрунтовано вибираються тип планування експерименту, метод обробки даних.

Планування багатофакторних експериментів - новий підхід до організації та проведення екстремальних досліджень складних систем. Мета планування експерименту - витяг максимуму інформації при заданих витратах на експеримент або мінімізація витрат при отриманні інформації, достатньої для вирішення завдань. Планування експерименту дозволяє урівняти число дослідів поставленому завданню.

Планування багатофакторних експериментів з скороченням перебору варіантів є потужним засобом підвищення ефективності досліджень і зменшення витрат часу на експеримент. На прикладі плану 2^{7-4} для восьми факторів, кожен з яких змінюється на двох рівнях, кодованих +1 і -1, ці зміни наведені у таблиці 2.22.

У порівнянні з повним перебором цей план скорочує число дослідів в 16 разів. Якби ставилося повний факторний експеримент, то це вимагало б $N = 2^7 = 128$ дослідів; а в даному плані $N = 8$.

Таблиця 2.22 - Дробовий факторний план 2^{7-4}

Номер експ-ту	Фактори							
	X_0	X_1	X_2	X_3	$X_4(X_1X_2)$	$X_5(X_1X_3)$	$X_6(X_2X_3)$	$X_7(X_1X_2X_3)$
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
2	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1
3	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1
4	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1
5	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1
6	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1
7	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1
8	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1

Незважаючи на малу кількість дослідів, такий дробовий факторний план має такі властивості:

1. Симетричністю щодо центру експерименту: алгебраїчна сума елементів вектор-стовпця для кожного фактору дорівнює 0.

$$\sum_{i=1}^N X_{ji} = 0 . \quad (2.38)$$

2. Ортогональним будь-яких двох векторів-стовпців плану: сума почленного добутків і їх елементів дорівнює нулю.

$$\sum_{i=1}^N X_{ji} X_{ui} = 0, j \neq u, u = 1, 2 \dots k . \quad (2.39)$$

3. Нормуваннями: сума квадратів елементів кожного стовпця дорівнює числу дослідів.

$$\sum_{i=1}^N X_{ij}^2 = N . \quad (2.40)$$

Задачу складання багатофакторного плану можна вирішити у програмі Excel. Обираємо для нашого планування експерименту \min та \max від централізованої котельні, сонячного колектору та електрокотлу.

Таблиця 2.23 - Планування експерименту \min та \max значень потужності

Назва досліджу	Max, кВт·год	Min, кВт·год
Центральна котельня	729410	694660
Сонячний колектор	34750	17982
Електрокотел	34750	16768

Де від центральної котельні $\max=729410$, $\min=694660$ (річна витрата тільки опалення, кВт·год, данні наведені у таблиці 1.8.). Від сонячного колектору $\max=34750$ (річна витрата на ГВП, кВт·год), $\min=17982$ (вироблена енергія сонячного колектору, кВт·год, данні наведені у таблиці 2.5.) Від електрокотлу $\max = 34750$ (річна витрата на ГВП, кВт·год), $\min=16768$. Розподілимо данні для планування експерименту у таблицю 2.24.

Таблиця 2.24 - Планування експерименту виробленої теплової енергії при \min та \max

Номер експерименту	Центральна котельня, кВт·год	Сонячний колектор, кВт·год	Електрокотел, кВт·год	Q_{Σ} , кВт·год
1	729410	34750	34750	798910
2	694660	34750	34750	764160
3	729410	17982	34750	782142
4	694660	17982	34750	747392
5	729410	34750	16768	780928
6	694660	34750	16768	746178
7	729410	17982	16768	764160
8	694660	17982	16768	729410
Σ				6113280

Сума теплового постачання

$$\sum_{i=1}^8 X_{ij}^2 = 6113280 \text{ тис. кВт}\cdot\text{рік.}$$

Розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії проводиться за допомогою формули 3.3

- Вільний член рівняння:

$$Q_0 = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{X}_{ij}}{N};$$

$$Q_0 =$$

$$\frac{798910+764160+782142+747392+780928+746178+764160+7294100}{8} = 764160$$

тис. кВт·год;

- коефіцієнт регресії i -го фактору:

$$Q_1 = \frac{\sum_{u=1}^N X_u}{N};$$

$$Q_1 = 10425 \text{ тис.кВт}\cdot\text{год};$$

$$Q_2 = 8340 \text{ тис. кВт}\cdot\text{год};$$

$$Q_3 = 15985 \text{ тис. кВт}\cdot\text{год.}$$

Таким чином, рівняння регресії має вигляд $Q_{\Sigma} = 764160 + 10425 \cdot Z_{ц,к} + 8340 \cdot Z_{с,к} + 15985 \cdot Z_{е,к}$

З метою зниження теплових витрат на гаряче водопостачання від центральної котельні та для підвищення тим самим енергетичної ефективності будівлі рекомендовано розглянути ряд заходів. Методом планування експерименту при пошуку оптимальних вимог, для центральної котельні, сонячного колектору та електроогрівача, розглянути скільки потребується грошей для модернізації ГВП. Визначимо \min та \max в тис.грн. для центральної котельні, сонячного колектору та електроогрівача.

При застосуванні переборного методу можна отримати найбільш економічно - доцільну вартість 1Гкал, для цього планується перебір всіх можливих варіантів сполучення різних джерел теплової енергії. При цьому вартість Гкал від сонячного колектору змінюється в залежності від площі СК. Електроенергія для гарячого водопостачання для догріву води застосовуємо нічний тариф с коефіцієнтом 0,4 до існуючого тарифу. У таблиці 2.25 зобразимо упорядкований переборний метод з вартістю Гкал теплової енергії.

Таблиця 2.25 - Упорядкування переборного методу

Номер комбінації	Витрати
1	2
11	1404,2
1	1382,4
2	1377
12	1372,8
7	1370,7
6	1367,8
21	1364
14	1356,8
15	1351
18	1346,9
17	1345,9
23	1298,1
31	1256,3
26	1213,3
29	1198,4
27	1185,6
28	1191,7
30	1210,1
25	1218,9

Продовження таблиці 2.25

1	2
24	1257,3
22	1338,6
16	1346,1
19	1348,8
20	1355,2
5	1364,3
13	1364,2
4	1368,8
3	1372,5
8	1376
9	1382,9
10	1392,2

Центральна котельня: $\min=1075,1$ тис.грн, так як згідно таблиці 1.8, річне споживання опалення від центрального теплопостачання дорівнює 597,3Гкал (1075,1 тис.грн.), $\max=1128,96$ тис.грн., так як \max це сума 1075,1 тис.грн на опалення, та 53,82 тис. грн.. на гаряче водопостачання, згідно з таблиці 1.8. Сонячний колектор: $\min=24,7$ тис.грн це вироблена енергія СК у рік яка дорівнює 17,98 кВт згідно таблиці.2.5 помножено на тариф 0,75. Дорівнює 13,4 тис.грн. та помножити на добову витрату гарячої води 11,2 л/люд.,згідно СНиП 2.04.01.-85 [2]. $\max =920$ тис.грн. це максимальна необхідна площа СК= 460 м² , згідно таблиці.2.5, помножено на 2000 тис. грн. за 1 колектор.

Електрододогрівач: $\min=53,82$ тис.грн. це необхідна теплова енергія на ГВП за рік 34750 кВт·год згідно таблиці2.6, помножено на тариф 0,75 дорівнює 26 тис. грн. та додати опалюваний об'єм будівлі 8,5 тис.м³ . $\max =1075,1$ це сума витрат на опалення та на ГВП за рік, тис.грн, згідно таблиці.1.8.

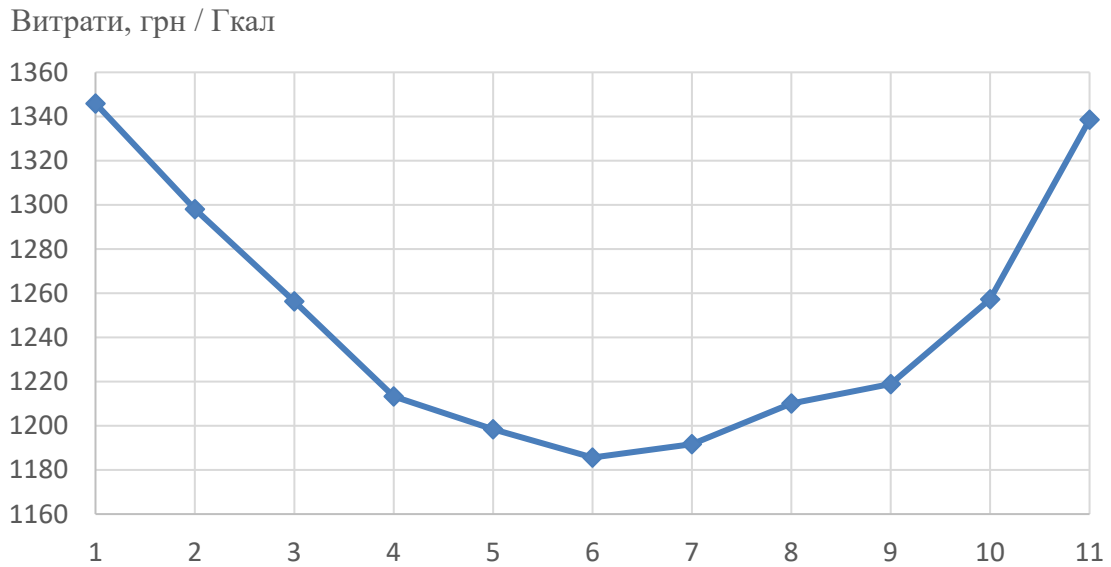


Рисунок 2.20 - Результат методу перебору комбінацій

Таким чином методом перебору за критерієм мінімізації собівартості 1Гкал теплової енергії встановлено оптимальне співвідношення між джерелами теплоти: найменші витрати на теплову енергію для підприємства спостерігаються при забезпеченні його теплотою від різних джерел, а собівартість теплової енергії при цьому в самому вигідному варіанті складе 1185,6 грн / Гкал.

Що у процентному співвідношенні між джерелами теплової енергії буде $Q_{ц.к} = 30\%$, $Q_{с.к} = 24\%$, $Q_{е.к} = 46\%$ (рисунок 2.21).

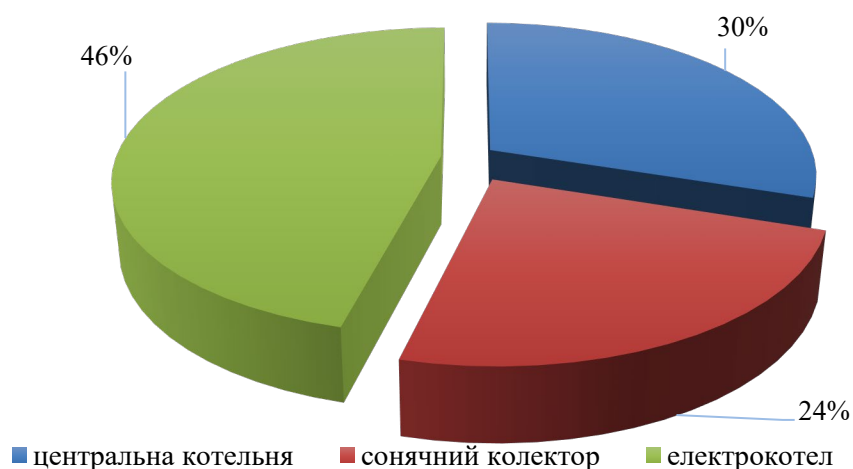


Рисунок 2.21 - Співвідношення вироблення між джерелами теплової енергії

Проаналізувавши експеримент можна зробити висновок: перевіривши ефекти досліджуваних факторів, найбільша величина цих ефектів приходить на центральну котельню, вона буде постачати 46% тепла, а найменший значущий ефект приходить на сонячний колектор – 24%.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

3.1. Розрахунок капіталовкладень та показників ефективності інвестицій

Суть магістерської роботи полягає у дослідженні шляхів зниження витрат ЗДП “Кремнійполімер” на оплату енергоресурсів. Передбачене наступне:

- провести організаційні збори персоналу для проведення організаційних бесід щодо енергозбереження;
- встановити систему обліку енергоносіїв;
- провести заміну чавунних радіаторів опалення сучасними металевими панелями з терморегулювальними клапанами, а також встановити екрани за радіаторами опалювання;
- провести утеплювання будівлі ЗДП “Кремнійполімер”;
- впровадити заходи підвищення енергоефективності системи теплопостачання в частині запровадження комбінованої системи на базі електричного котлу та геліоколектору.

Організаційні збори відносяться до безвитратних заходів. Тому за цим пунктом не проводимо розрахунок витрат. Утеплювання будівлі власними силами потребує утеплювання вікон. Тому проведемо розрахунок капіталовкладень на утеплювання вікон.

Одне металопластикове вікно стандартної конструкції встановлене в ЗДП “Кремнійполімер” має розміри 1,8 х 1,5м. Кількість вікон у ЗДП “Кремнійполімер” становить 80 одиниць. Встановлення нових ущільнювачів буде проводитись слюсарями ЗДП “Кремнійполімер”, а чистка ущільнювачів буде проводитись молодшим персоналом.

Огляд вікон персоналом ЗДП “Кремнійполімер” вказав на те, що 53 вікна потребують заміну ущільнювача а інші вікна його чистку.

На одно вікно потрібно 5 метрів гумового ущільнювача. Ціна ущільнювача 3,20 грн за 1 метр. Розрахуємо ціну необхідної кількості матеріалу:

$$K_y = 53 \cdot 5 \cdot 3,2 = 848 \text{ грн}; \quad (3.1)$$

Розрахуємо кошти для закупівлі та монтажу необхідного обладнання, яке потрібно для реалізації системи обліку енергоносіїв, перелік обладнання зведемо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Перелік обладнання для системи комерційного обліку енергоносіїв

№ п.п.	Найменування обладнання	Одиниці вимірювання	Кількість одиниць, м	Ціна за одиницю, грн	Разом, грн
1	Сервер	шт.	1	6000	6000
2	Модуль ADAM 4521	шт.	1	1700	1700
3	Лічильник електроенергії ВРГС-1	шт.	2	800	1600
4	Лічильник теплової енергії Метран-400	шт.	4	1300	5200
5	Витратомір US-800	шт.	2	1600	3200
6	Кабель віта пара	м	1000	5	5000
7	Програмне забезпечення (ОС, SCADA)	Комплект	1	7200	7200
8	Обладнання кабінету для встановлення серверу			8 000	8 000
9	Пусконалаштувальні роботи			10 000	10 000
Разом:					47900

Розрахуємо витрати на заміну чавунних радіаторів опалення сучасними – сталевими, та встановлення відбиваючих екранів.

Кількість радіаторів опалення у ЗДП “Кремнійполімер” становить 175 одиниць. Вартість радіатору RADIK типу 22 з вбудованим термостатом становить 370 грн. Вартість відбивача для одного радіатору опалення становить 10 грн. Вартість демонтажу старого радіатору 30 грн, вартість монтажу радіатору типу RADIK 50 грн, вартість встановлення відбивача 5 грн.

Розрахуємо вартість заміни радіаторів та встановлення відбивачів:

$$K_3 = 175 \cdot 30 + 175 \cdot 370 + 175 \cdot 50 + 175 \cdot 10 + 175 \cdot 5 = 81375,00 \text{ грн} \quad (3.2)$$

Разом капіталовкладення за перший етап:

$$K_I = 848 + 81375,00 = 82223,00 \text{ грн}; \quad (3.3)$$

Об’єкт споживає 627,2 Гкал теплової енергії на рік. У рамках програми енергозбереження передбачається впровадити енергозберігаюче обладнання. Визначити ефективність інвестицій в проект

Таблиця 3.2. - Вихідні дані для першого етапу енергозбереження

Показники	Одиниці вимірювання	Позначення	Значення показника
1. Капіталовкладення в проект	грн	K	82223,00
2. Річна норма амортизації основних засобів	%	H_A	12,5
3. Норма відрахувань на техобслуговування і ремонт	%	H_P	7,0
4. Ціна теплової енергії для підприємства	грн. / Гкал	C_Q	4788,49
5. Ставка податку на прибуток	%	$C_{НП}$	19,0
6. Ставка податку на майно	%	$C_{НИ}$	2,0
7. Норма дисконту	%	E	10,0

Потенціал енергозбереження, приріст прибутку і дохід від інвестицій (у розрахунку на рік).

Економія теплопостачання на об'єкті:

$$\Delta Q = 0,2 \cdot Q, \text{ Гкал}; \quad (3.4)$$

де Q – спожите тепло, Гкал.

$$\Delta Q = 0,2 \cdot 627,2 = 128,84 \text{ Гкал};$$

Вартість зекономленої енергії:

$$\Delta E = C_Q \cdot \Delta Q, \text{ грн}; \quad (3.5)$$

де C_Q – ціна теплової енергії для підприємства, грн / Гкал

$$\Delta E = 1788,49 \cdot 128,84 = 224285,05 \text{ грн};$$

Амортизація основних засобів:

$$A = 0,01 \cdot H_A \cdot K, \text{ грн}; \quad (3.6)$$

де H_A річна норма амортизації основних засобів, %.

$$A = 0,01 \cdot 12,5 \cdot 82223,00 = 10277,88 \text{ грн};$$

Витрати на техобслуговування та ремонт:

$$P = 0,01 \cdot H_P \cdot K, \text{ грн}; \quad (3.7)$$

де H_P - норма відрахувань на техобслуговування і ремонт, %

K - капіталовкладення в проект, грн.

$$P = 0,01 \cdot 7,0 \cdot 82223,00 = 5755,61 \text{ грн};$$

Економія поточних витрат (приріст прибутку):

$$\Delta C = \Delta E - (A + P), \text{ грн}; \quad (3.8)$$

$$\Delta C = 224285,05 - (10277,88 + 5755,61) = 82251,56 \text{ грн};$$

Приріст чистого прибутку підприємства:

$$ЧП = \Delta C \cdot (1 - 0,01 \cdot C_{НП}), \text{ грн}; \quad (3.9)$$

де $C_{НП}$ ставка податку на прибуток, %.

$$ЧП = 8251,56 \cdot (1 - 0,01 \cdot 19) = 6683,76 \text{ грн};$$

Річний дохід інвестиційного проекту:

$$D_I = ЧП + A, \text{ грн}. \quad (3.10)$$

$$D_I = 6683,76 + 10277,88 = 16961,64 \text{ грн}.$$

Критерії ефективності інвестицій визначаємо за спрощеною методикою, вважаємо, що річний прибуток постійний ($D_1 = D = \text{const}$). Розрахунок виконуємо в такій послідовності.

Розрахунковий період приймаємо рівним нормативному терміну служби енергозберігаючого обладнання:

$$T = 100 / H_A, \text{ років}; \quad (3.11)$$

$$T = 100 / 12,5 = 8 \text{ років};$$

Знаходимо значення множників, що дисконтуються з додатка з відомим значенням E і T :

$$\alpha_{(8,0,1)} = 5,3349 \text{ років};$$

Чистий дисконтований дохід проекту:

$$ЧДД = 16961,64 \cdot 5,3349 - 82223,00 = 8265,65 \text{ грн}; \quad (3.12)$$

Індекс прибутковості проекту:

$$ID = ЧДД / K + 1; \quad (3.13)$$

$$ID = 8265,65 / 82223,00 + 1 = 1,1;$$

Знаходимо граничне (мінімальне) значення множників, що дисконтуються, при якому проекті не збитковий:

$$\alpha_{T(PP)} = K / D, \text{ років}; \quad (3.14)$$

$$\alpha_{T(PP)} = 82223,00 / 16961,64 = 4,8 \text{ років};$$

При $T = 8$ років і $\alpha_{T(PP)} = 4,8$ року знаходимо, що шукане значення ставки знаходиться в інтервалі $0,55 - 0,58\%$. Методом лінійної інтерполяції знаходимо шукане значення внутрішньої норми доходності (ВНД):

$$\text{ВНД} = 0,55 + (0,58 - 0,55) \cdot \frac{4,9 - 4,8}{4,9 - 4,68} = 0,56 \quad (3.15)$$

Статичний термін окупності визначаємо за формулою:

$$T_{O(CT)} = K / D, \text{ років}; \quad (3.16)$$

$$T_{O(CT)} = 82223,00 / 16961,64 = 4,8 \text{ років};$$

Динамічний термін окупності знаходимо при $\alpha_{T(PP)} = 4,8$ року і нормі дисконту $E = 0,1$. Шукане значення потрапляє в інтервал 5-6 роки. Використовуючи формулу, знаходимо величину терміну окупності:

$$T_0 = 5 + (6 - 5) \frac{4,8 - 0,91}{4,9 - 0,91} = 5,97 \quad (3.17)$$

Граничні капіталовкладення в проект:

$$K_{IP} = K + ЧДД, \text{ грн}; \quad (3.18)$$

$$K_{IP} = 82223,00 + 8265,65 = 90488,65 \text{ грн};$$

Висновок по проекту. Всі розраховані критерії ефективності задовольняють умовам доцільності інвестиційного проекту:

$$ЧДД = 8265,65 \text{ грн} > 0;$$

$$ІД = 1,1 > 1;$$

$$ВНД = 0,56 > E = 0,10;$$

$$T_0 = 5,97 \text{ років} < T = 8 \text{ років}.$$

Отже, проект доцільний і може бути рекомендований до впровадження.

3.2 Розрахунок показників ефективності утеплення будівлі

Для утеплювання фасадів будівлі визначимо вартість конструкцій.

Площа усіх стін ЗДП “Кремнійполімер” за винятком вікон складає 5524 м².

Утеплювання виконується базальтовим утеплювачем який має вигляд плити розміром 1x0,5x0,08 м та площею 0,5 м². Ціна однієї плити 35грн.

Розрахуємо кількість плит для утеплювання будівлі:

$$N_n = 5524 / 0,5 = 11048 \text{ од}; \quad (3.19)$$

Для кріплення однієї плити утеплювача потрібно 5 кліпс. Ціна одного комплекту для кріплення (200 од. кліпс) складає 68 грн.

Розрахуємо кількість комплектів кліпс для кріплення:

$$N_k = 11048 \cdot 5 / 200 = 276,2 \text{ од}; \quad (3.20)$$

Відділка фасадів виконується за допомогою алюмінієвих фасадів який має вигляд плити розміром 1x1м та площею 1 м².

Ціна 1м² фасаду з системами кріплення складає 65грн.

Розрахуємо кількість плит:

$$N_n = 5524 / 1 = 5524 \text{ од};$$

Витрати на монтаж утеплювача та фасаду складають оплату праці найманих робітників. Вартість монтажу 1 м² утеплювача складає 20 грн, вартість монтажу алюмінієвого фасаду складає 35 грн. Доставка матеріалу при великих об'ємах закупівлі безкоштовна.

Розрахуємо витрати на утеплювання фасадів будівлі та монтажу алюмінієвого фасаду:

$$K_y = 11048 \cdot 35 + 278 \cdot 68 + 11048 \cdot 20 + 5524 \cdot 65 + 5524 \cdot 35 = 1178944,00 \text{ грн.}$$

Термін окупності заходу рахуємо за формулою

$$T_{ок} = \frac{K}{E} \quad (3.21)$$

де K - капіталовкладення, що склали 1178,944 тис. грн;

E - економія, тис.грн. ;

$$E = 83,57 \cdot 1,788 = 150,43 \text{ тис.грн}$$

$$T_{ок} = \frac{1178,944}{150,43} = 7,84 \text{ років.}$$

З розрахунку можна зробити висновок, що утеплювання фасадів досить коштовний захід, а строк його окупності наближається до гранично допустимого.

3.3 Розрахунок капіталовкладень та показників ефективності впровадження комбінованої системи теплопостачання

Передбачені наступні заходи:

- монтаж двохтрубної системи опалення;
- встановлення комбінованої системи теплопостачання на базі електрокотлу та геліоколектору.

Проведемо розрахунок витрат для монтажу двохтрубної системи опалення та встановлення електрокотлу та геліоколектору.

Довжина труб системи опалення у ЗДП “Кремнійполімер” становить приблизно 650м. Вартість металопластикової труби Stabi 32мм становить 56 грн за 1м. Вартість фасонних елементів становить 25 грн/од. Вартість демонтажу метра старої труби опалення 10 грн, вартість монтажу труби типу Stabi 32мм 35грн. Також необхідно врахувати що на один радіатор опалення приходиться 4 фасонних елементів.

Розрахуємо вартість заміни труб системи опалення:

$$K_o = 650 \cdot 10 + 2 \cdot 650 \cdot 56 + 2 \cdot 650 \cdot 35 + 4 \cdot 175 \cdot 25 = 142300,00 \text{ грн}; \quad (3.22)$$

Ціна електрокотлу Logamax E213 становить 18 000 грн, вартість монтажних робіт 4500 грн.

Ціна гелеоколектору з системою монтажу становить 16 000 грн за одну панель, вартість монтажних робіт однієї панелі становить 2200 грн. Для ЗДП “Кремнійполімер” потрібні 20 панелей.

Вартість встановлення електрокотлу та геліоколектору становить:

$$K_m = 18000 + 4500 + 20 \cdot 16000 + 20 \cdot 2200 = 386500 \text{ грн}; \quad (3.23)$$

Загальні витрати для реалізації другого етапу енергозбереження складуть:

$$Z = 142300,00 + 386500 = 528800 \text{ грн}; \quad (3.24)$$

У рамках третього етапу програми енергозбереження передбачається впровадити енергозберігаюче обладнання.

Потенціал енергозбереження, приріст прибутку і дохід від інвестицій (у розрахунку на рік). Вартість зекономленої енергії враховується за собівартістю теплової енергії з комбінованої системи теплопостачання, що дорівнює 1185,6 грн /Гкал, а обсяг економії в грошовому еквіваленті визначається різницею між тарифом та собівартістю теплової енергії:

$$\Delta E = 602,4 \cdot 343,95 = 207195 \text{ грн};$$

Таблиця 3.3. - Вихідні дані для третього етапу енергозбереження

Показники	Одиниці вимірювання	Позначення	Значення показника
1. Капіталовкладення в проект	грн	K	528800
2. Річна норма амортизації основних засобів	%	H_A	32,5
3. Норма відрахувань на техобслуговування і ремонт	%	H_P	7,0
4. Ціна теплової енергії для підприємства	грн. / Гкал	$Ц_Q$	1185,6
5. Ставка податку на прибуток	%	$C_{\text{НП}}$	19,0
6. Ставка податку на майно	%	$C_{\text{НИ}}$	2,0
7. Норма дисконту	%	E	10,0

Амортизація основних засобів за формулою (3.6):

$$A = 0,01 \cdot 12,5 \cdot 528800 = 23450,00 \text{ грн};$$

Витрати на техобслуговування та ремонт за формулою (3.7):

$$P = 0,01 \cdot 7,0 \cdot 528800 = 13132,00 \text{ грн};$$

Економія поточних витрат (приріст прибутку) за формулою (3.8):

$$\Delta C = 65783,59 - (23450,00 + 13132,00) = 28249,00 \text{ грн};$$

Приріст чистого прибутку підприємства за формулою (3.9):

$$ЧП = 28249,00 (1 - 0,01 \cdot 19) = 22881,69 \text{ грн};$$

Річний дохід інвестиційного проекту за формулою (3.10):

$$D_I = 22881,69 + 23450,00 = 46331,69 \text{ грн}.$$

Критерії ефективності інвестицій визначаємо за спрощеною методикою, вважаємо річний прибуток постійний ($D_I = D = \text{const}$). Розрахунок виконуємо в такій послідовності.

Розрахунковий період приймаємо рівним нормативному терміну служби енергозберігаючого обладнання за формулою (3.11):

$$T=100/12,5 = 8 \text{ років};$$

Знаходимо значення множників, що дисконтуються з відомим значенням E і T :

$$\alpha_{(8,0,1)} = 5,3349 \text{ років};$$

Чистий дисконтований дохід проекту за формулою (3.12):

$$\text{ЧДД} = 46331,69 \cdot 5,3349 - 528800 = 59574,93 \text{ грн};$$

Індекс прибутковості проекту за формулою (3.13):

$$\text{ІД} = 59574,93 / 528800 + 1 = 1,32;$$

Знаходимо граничне (мінімальне) значення множників, що дисконтуються, при якому проект не збитковий за формулою (3.14):

$$\alpha_{T(PP)} = 528,800 / 130,57 = 2,55 \text{ років}.$$

При $T = 8$ років і $\alpha_{T(PP)} = 4,05$ року знаходимо, що шукане значення ставки знаходиться в інтервалі $0,55 - 0,60\%$. Методом лінійної інтерполяції знаходимо шукане значення ВНД за формулою (3.16):

$$\text{ВНД} = 0,55 + (0,6 - 0,55) \cdot \frac{4,95 - 4,05}{4,95 - 4,7} = 0,73;$$

Статичний термін окупності визначаємо за формулою за формулою (3.17):

$$T_{O(CT)} = 528,800 / 130,57 = 2,55 \text{ років};$$

Динамічний термін окупності знаходимо при $\alpha_{T(PP)} = 2,55$ років і нормі дисконту $E = 0,1$. Шукане значення потрапляє в інтервал 2-3 років. Використовуючи формулу, знаходимо величину терміну окупності за формулою (3.18):

$$T_o = 4 + (5 - 4) \frac{4,04 - 0,89}{4,11 - 0,89} = 2,55;$$

Висновок по проекту. Всі розраховані критерії ефективності задовольняють умовам доцільності інвестиційного проекту:

$$\text{ЧДД} = 59574,93 \text{ грн} > 0;$$

$$\text{ІД} = 1,32 > 1;$$

$$\text{ВНД} = 0,73 > E = 0,10;$$

$$T_o = 2,55 \text{ років} < T = 8 \text{ років}.$$

Отже, проект доцільний і може бути рекомендований до впровадження.

3.4 Зведені економічні показники впровадження запропонованих заходів в умовах ЗДП “Кремнійполімер”

Техніко-економічні показники впровадження запропонованих заходів з енергозбереження з урахуванням структури системи теплопостачання на їх основі та доцільного співвідношення між ними в умовах ЗДП “Кремнійполімер” зведено до таблиці 3.4.

Економічний ефект від запропонованих заходів з енергозбереження в графічному вигляді представлено на рисунку 3.1. Отже, на першому етапі, встановлено граничні значення витрат коштів на реалізацію кожного із запропонованих заходів з енергозбереження. На другому, методом перебору за критерієм мінімізації собівартості 1Гкал теплової енергії встановлено оптимальне співвідношення між джерелами теплоти. В результаті проведених розрахунків встановлено доцільність впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності на об’єкті дослідження, визначено ефекти від їх впровадження. Вартість впровадження 1-го етапу - 82223,00 грн. Економічний ефект від впровадження етапу складе - 16,96 тис. грн /рік. Термін окупності - 4,8 років.

Другий етап : капіталовкладення в проект 1178,944 тис. грн; економічний ефект на об’єкті 150,43 тис. грн; термін окупності 7,84 років. В роботі третім етапом виконано розрахунок комбінованої системи теплопостачання, яка складається з геліоколектору - Sunrise PK ST NL 1,66 м², в кількості 20 шт та електрокотлу фірми Logamax E213 потужністю 60 кВт. Капіталовкладення в проект 528,8 тис. грн; економічний ефект 207,195 тис. грн; термін окупності 2,55 років.

Таблиця 3.4 - Техніко-економічні показники запропонованих заходів з енергозбереження в умовах ЗДП “Кремнійполімер”

№ п/п	Економічні показники	Система обліку енергоносіїв, Заміна чавунних радіаторів	Утеплення будівлі	Монтаж системи опалення, Комбінована система теплопостачання	Система заходів
1	Капітальні витрати, грн.	82,223	1178,944	528,8	1789,967
2	Економічний ефект, грн.	16,96	150,43	207,195	374,585
3	Ефективність капіталовкла день	0,21	0,13	0,39	0,21
4	Термін окупності, років	4,85	7,84	2,55	4,78

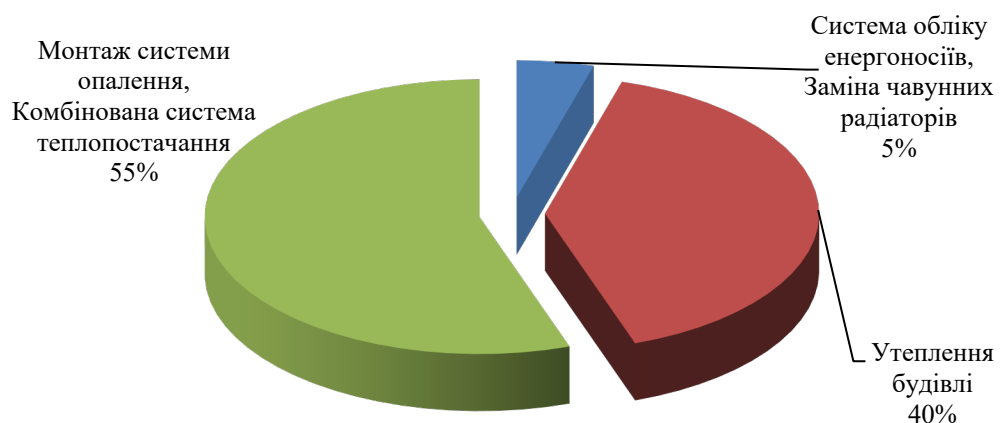


Рисунок 3.1 - Економічний ефект від запропонованих заходів з енергозбереження

Усі запропоновані заходи виявилися економічно доцільними.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Найбільш шкідливими та небезпечними факторами на котельній, які можуть діяти на робітників є:

а) фізичні фактори:

- теплове випромінювання;
- підвищена температура повітря робочої зони;
- знижена вологість повітря (менше 40%);
- підвищений рівень шуму (різкі перепади тиску в трубопроводі, робота запобіжних клапанів, пробивання прокладок фланцевих з'єднань, аеродинамічні шуми, підвищений шум при роботі насосів та вентиляторів);
- загальна вібрація (при роботі котельних агрегатів, при русі газів у трьох з великою швидкістю);
- недостатнє освітлення (природне внаслідок затінення обладнання, конструкцій, штучне внаслідок поганої роботи освітлювальних приладів).

б) біологічні фактори відсутні.

в) хімічні фактори:

- оксиди азоту;
- окис вуглецю.

г) психофізіологічні:

- тяжкість трудового процесу (фізичне динамічне навантаження, статичне навантаження);
- напруженість трудового процесу (емоційні навантаження, інтелектуальні навантаження, монотонність навантажень, змінність роботи).

д) травмонебезпечні:

- обладнання, що працює під тиском (котельні агрегати);
- висока температура обладнання (трубопроводи гарячої води).

Роботи ведуться у виробничому приміщенні з виділенням тепла. Мікроклімат визначається діючими на організм людини поєднаннями температури, вологості, швидкості руху повітря і теплового опромінення.

Якщо поєднання цих параметрів не є оптимальними для організму людини, може бути порушене функціональне і тепловий стан людини, причому це буде супроводжуватися напруженою реакцією терморегуляції, погіршенням самопочуття.

Робота персоналу котельної потрапляє під характеристики, викладені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оптимальні та фактичні значення температури, вологості та швидкості руху повітря

Період року	Категорія робіт	Оптимальна температура, °С	Фактична температура, °С	Оптимальна вологість, %	Фактична вологість, %	Швидкість руху повітря оптимальна, м/с	Швидкість руху повітря фактична, м/с
Холодний	Легка 1Б	21 - 23	18	40 - 60	45	0,1	0,2
Теплий	Легка 1Б	22 - 24	36	40 - 60	31	0,2	0,3

Чинними нормативними документами, що регламентують метеорологічні умови, є: ГОСТ 12.1.005 - 88 ССБТ «Загальні санітарно гігієнічні вимоги до

повітря робочої зони»; ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Крім зазначених параметрів повітря від оптимальних значень можлива наявність у повітрі робочої зони шкідливих речовин [24].

Найбільш поширені захворювання, пов'язані з впливом шкідливих речовин на організм: волога лихоманка, астма, риніти, дерміти, а також інфекції: звичайна застуда, грип, хвороби хімічного або фізичного походження.

Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК) [25].

Для теплоенергетичного обладнання характерні механічні, аеродинамічні і гідродинамічні шуми - невпорядковане поширення звуків різної інтенсивності і чистоти, що роблять несприятливий вплив на організм людини. У котельні значний шум викликає аеродинамічні причини, до них відносяться:

- різкі перепади тиску в тгрнопроводі;
- робота запобіжних клапанів;
- пробивання прокладок фланцевих з'єднань;
- рух газів у тгрнах з великою швидкістю.

Підвищений рівень виробничого шуму на робочому місці викликає шкідливий вплив на організм людини: знижується гострота слуху, зору, порушується діяльність серцево-судинної системи. Сильний виробничий шум може бути причиною функціональних змін нервової, кровоносної, а також травної систем організму людини.

Чинними нормативними документами є:

1. ГОСТ 12.1.003 - 83 «ССБТ Шум Загальні вимоги безпеки».
2. СН 3223-85 «Санітарні норми допустимих рівнів шуму на робочих місцях».

Рівень шуму у котельній складає 85 дБА, при допустимому рівні шуму у виробничих приміщеннях 80 дБА.

На персонал котельні у виробничих умовах діє загальна вібрація 3 А категорії (на постійних робочих місцях виробничих приміщень підприємств).

Тривала дія вібрації призводить до різних порушень здоров'я людини і, в кінцевому рахунку, до «вібраційної хвороби». Загальна вібрація справляє негативний вплив на нервову систему, настають зміни в серцево-судинній системі, вестибулярному апараті, порушується обмін речовин.

Чинним нормативним документом є:

ГОСТ 12.1.012-90 ССБТ. «Вібраційна безпека. Загальні вимоги».

Рівень вібрації у котельній складає 97 дБ, при допустимому рівні вібрації у виробничих приміщеннях 92 дБ.

Котельні агрегати, трубопроводи пари і гарячої води є джерелом надлишкового теплового випромінювання.

Допустимі величини інтенсивності теплового опромінення працюючих на робочих місцях від виробничих джерел, нагрітих до темного світіння, повинні відповідати значенням, наведеним у таблиці 4.2.

При роботі машиніста котла напруженість праці викликана монотонністю навантажень. Згідно з документом НПАОП 0.00-1.08-94. «Правила будови і безпечної експлуатації парових і водогрійних котлів» котли відносяться до обладнання, що працює під тиском. Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів та карта умов праці для робочого місця оператора котельні представлені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.2 – Допустимі величини інтенсивності теплового опромінення працюючих на робочих місцях від виробничих джерел, нагрітих до темного світіння

Опромінювальна поверхня тіла, %	Інтенсивність теплового опромінення, Вт/м ² , не більше
50 и більше	35
25...50	70
Не більше 25	100

Таблиця 4.3 – Оцінка факторів виробничого трудового процесу оператора котельні

№ п/п	Фактори виробничого середовища та трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	3 клас: шкідливі та небезпечні умови та характер праці			Тривалість дії фактора за зміну, %
				1 ст.	2 ст.	3 ст.	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ : 3 клас безпеки Оксиди азоту	5	1				92,36
	4 клас безпеки Вуглецю оксид	20,0	5,0				
3	Шум, дБА	80	85	5			92,36
4	Вібрація (загальна), дБ	92	96		4		92,36
5	Мікроклімат у приміщенні (теплий період):						92,36
	- температура, °С;	22-24	36		8		
	- швидкість руху повітря, м/с;	0,2	0,3				
	- відносна волога повітря, %.	40-60	31				
6	Тяжкість та напруженість праці	категорія праці – легка, I мало напружена					

Таким чином, проведений аналіз умов праці на котельній дозволяє зробити висновок про перевищення нормативних показників по рівню шуму,

вібрації та мікроклімату. Все це дозволяє віднести умови праці до III класу 2 ступеня. За показниками робоче місце слід вважати з шкідливими умовами праці.

4.2 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища

Оптимальний мікроклімат в приміщенні забезпечує підтримку теплової рівноваги між організмом і навколишнім середовищем. Підтримання на заданому рівні параметрів, що визначають мікроклімат, температури, вологості і швидкості повітря - може здійснюватися кондиціонуванням або великими допусками вентиляцією. Але вентиляція і навіть кондиціонування повітря не захищають від теплового випромінювання.

Заходи захисту від теплового випромінювання можна розділити на наступні чотири групи:

- ті, що усувають джерело тепловиділень;
- ті, що захищають від теплового випромінювання;
- ті, що полегшують тепловіддачу тіла людини;
- заходи індивідуального захисту.

Джерела тепловиділень можуть бути усунені при зміні технологій, при автоматизації та механізації ручної праці, скороченні довжини газоходів і т.д.

При роботі з високою концентрацією випромінюваної теплоти протягом зміни влаштовуються перерви, частота і тривалість яких визначається умовами і тяжкістю роботи. Під час перерв робочі відпочивають у спеціально обладнаних або обгороджених місцях, де забезпечується заданий сприятливий мікроклімат.

Засоби індивідуального захисту застосовують з метою виключення або зниження впливу променевої енергії на організм людини. До них відносяться:

ізолюючі костюми, спеціальний одяг і взуття, засоби захисту для голови, обличчя, очей і рук.

Захист від шкідливих газо-, та пилевиділень передбачає влаштування місцевої витяжної вентиляції для відсмоктування отруйних речовин безпосередньо від місць їх утворення. Місцеві відсмоктувачі слід по можливості влаштовувати конструктивно вбудованими та зблокованими з обладнанням так, що агрегат не можна пустити в хід при вимкненому відсосі.

На додаток до загальних захисних засобів застосовуються індивідуальні засоби захисту. При роботі з отруйними та забруднюючими речовинами користуються спецодягом - комбінезонами, халатами, фартухами та інше. Для захисту шкіри рук, обличчя, шиї застосовують захисні пасти: антитоксичні, малостійкі, водостійкі. Очі від можливих опіків і подразнень захищають окулярами з герметичною оправою, масками і шоломами.

Дихальні органи захищають фільтруючими і ізолюючими приладами. Фільтруючі прилади - це промислові протигази і респіратори. Респіратор складається з гумової напівмаски і фільтрів, що очищають вдихаєме повітря від пилу. Ізолюючі дихальні прилади, шлангові або кисневі застосовують у випадках високих концентрацій шкідливих речовин.

У котельні, з метою зниження рівня шуму, необхідно проводити такі заходи:

- поліпшення режиму експлуатації обладнання;
- балансування механізмів;
- накладення шумовий ізоляції (шумозахисні кожухи).

За допомогою звукоізолюючих перешкод можна знизити рівень шуму на 30 – 40дБ. Ефективними звукоізолюючими матеріалами є метали, бетон, дерево та ін.

Крім заходів технологічного та технічного характеру, широко застосовуються засоби індивідуального захисту - антифони, виконані у вигляді навушників, заглушок - вкладишів і шоломів.

Для усунення вібрації котли змонтовані на самостійних фундаментах, віброізолірованих від підлоги. Всі тгрнопроводи проходять на достатній відстані від стін і сусідніх тгрнопроводів. Для ослаблення передачі вібрації і шуму по тгрнопроводам приєднання їх до вентиляторів і насосів виконується за допомогою гнучкої вставки з гумової тканини або гумового патгрнка. Інтенсивність вібрацій деталей агрегатів зменшують шляхом облицювання їхніх поверхонь або заповнення спеціально передбачених повітряних порожнин в них демпфуючими матеріалами.

Як індивідуальні засоби захисту від вібрації застосовуються рукавиці, що гасять вібрацію та спеціальне взуття.

Корозійна стійкість обладнання забезпечується збільшенням корозійної стійкості конструктивного матеріалу, шляхом нанесення відповідного покриття та видалення кисню з води. Для цього її піддають деаерації.

Надійність роботи поверхонь нагріву котельних агрегатів залежить від якості живильної води. Основним завданням водопідготовки є боротьба з корозією і накипом. Для цього застосовують такі заходи:

- деаерація робочої води з метою зниження кисневої корозії;
- підігрів теплоносія для зниження низькотемпературної корозії.

Для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу котельні необхідно передбачити такі захисні пристрої:

- манометр, що показує тиск гарячої води;
- повітряно - вказівні прилади для спостереження за рівнем води;
- спускні і продувальні вентиля;
- повітряні клапани для видалення повітря з котла;
- запобіжні клапани для автоматичного випуску надлишкової води з котлів.

Тгрнопроводи гарячої води є небезпечними внаслідок високої температури на поверхні тгрнопроводів і можуть послужити джерелами опіків на тілі працівників. Для запобігання опіків робітники повинні працювати у виданому

спецодязі (куртка, брюки) і взуття (робочі черевики) і користуватися встановленими засобами індивідуального захисту (рукавиці комбіновані). Обслуговуючому персоналу необхідно уникати тривалого перебування в місцях стиків фланцевих з'єднань тгрнопроводів, що перебувають під тиском, в місцях, де можлива присутність газів, близько запобіжних клапанів і т. д [26].

4.3 Електробезпека

Електробезпека - це система організаційних, технічних заходів, а також засобів захисту від поразок людини електричним струмом.

Виробничо - опалювальна котельня відноситься до третього класу приміщення по електробезпеці, тобто це приміщення без підвищеної небезпеки.

Організаційні заходи включають в себе вибір раціональних режимів роботи персоналу з обслуговування електроустановок, обмеження місць і часу перебування персоналу в зоні впливу електричного струму.

Небезпечна і шкідливий вплив на людей електричного струму проявляється у вигляді електротравм та профзахворювань.

Основними споживачами електроенергії є електродвигуни димососів, вентиляторів.

Чинними нормативними документами є:

1. ГОСТ 12.1.01979 «ССБП. Електробезпека. Загальні вимоги і номенклатура видів захисту».
2. ГОСТ 12.1.000-82 «ССБТ. Електробезпека. Гранично допустимі рівні напруг дотику і струмів».

Напруга дотику і струми, що протікають через тіло людини, не повинні перевищувати значення, вказані в таблицях 4.4 та 4.5.

Таблиця 4.4 - Напруга дотику і струми при нормальних режимах роботи електроустановок.

Рід струму	Напруга	Сила току
50 Гц змінний	Не більше 2В	Не більше 0,3 мА

Для запобігання ураження електричним струмом при дотику до металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою в результаті пошкодження ізоляції, слід використовувати захисне заземлення.

Як індивідуальні засоби захисту від електричного струму застосовуються екрануючі комплекти (костюми, рукавички, взуття), килимки, підставки, перемички, провідники з зажимами і т.д.

Таблиця 4.5 - Напруга дотику і струми при аварійних режимах роботи електроустановок напругою до 1000 В і частотою 50 Гц.

Тривалість впливу, сек	Нормований показник	
	Напруга, В	Сила току, мА
0,01–0,08	220	220
0,1	200	200
0,2	100	100
0,3	70	70
0,4	55	55
0,5	50	50
0,6	40	40
0,7	35	35
0,8	30	30
0,9	27	27

До колективних методів захисту відносяться плакати, огороження та знаки безпеки.

4.4 Пожежна безпека

Технологічний процес пов'язаний зі спалюванням палива, то можливе джерело пожежі в котельні - це витік палива з газопроводу та утворення вибухонебезпечної газоповітряної суміші.

Згідно ГОСТ 12.1.004. 91 «ССБТ. Пожежна безпека. Загальні вимоги», котельня з пожежної безпеки відноситься до категорії «Г», по вогнестійкості будівельних конструкцій ступінь вогнестійкості будинку котельні II, класу В - 1А.

Категорія «Г» означає негорючі речовини і матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і полум'я, горючі гази і рідини, які спалюються як паливо. Клас В - 1А - зони, розташовані в приміщеннях, в яких при нормальній експлуатації вибухонебезпечні суміші горючих газів або парів легкозаймистих рідин з повітрям не утворюються, а утворення таких сумішей можливе тільки в результаті аварій і несправностей.

Джерелами пожежі можуть бути витік і скупчення газу в котельні; несправність електрообладнання, освітлювальних приладів; вихід з ладу приладів автоматики. При порушенні цілісності газопроводів відхідних газів, або при руйнуванні обшивки і обмурівки котла, відходячі, що мають високу температуру, можуть послужити причиною пожежі.

Для попередження утворення вибухонебезпечних газоповітряних сумішей велике значення має контроль повітряного середовища виробничого приміщення. Найбільш прогресивний контроль повітряного середовища виробничих приміщень автоматичними сигналізаторами до вибухових концентрацій. При включенні попереджувальної сигналізації та аварійної вентиляції передбачається автоматичне або ручне відключення всього або частини технологічного обладнання.

Експлуатація та технічне обслуговування відіграють найважливішу роль у запобіганні небезпечної ситуації:

- підтримання чистоти на підприємстві
- мінімізація джерел займання
- обслуговування та перевірка обладнання
- дотримання інструкцій;
- заборона на куріння, ліцензовані вогневі роботи та ін.

Для боротьби з пожежею котельня обладнана протипожежним інвентарем за існуючими нормами протипожежної охорони.

До складу цього інвентарю входять:

- пінні хімічні вогнегасники;
- порошкові вогнегасники;
- гідранти;
- ящики з піском;
- лопати, відра.

Для швидкого виклику пожежної служби в котельні встановлені сповіщувачі і телефон.

4.5 Розрахунок захисного заземлення

Захисне заземлення - навмисне електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, що можуть опинитися під напругою внаслідок замикання на чи корпус з інших причин.

Якщо корпус електроустановки заземлений, основний струм піде по пристрою, що заземлює, опір якого в багато разів менше опору тіла. Через людину піде в цьому випадку малий струм, безпечний для життя.

З метою усунення небезпеки поразки струмом у випадку дотику до корпусу електроустановки й інших неструмоведучих металевих частин, що опинилися під напругою, розрахуємо необхідну кількість штучних заземлювачів [27,28,29].

В якості заземлювача використаємо круглі стрижні з вертикальним заглибленням. На рисунку 4.1 зображена схема розташування електродів захисного заземлення в ґрунті. Діаметр одного стрижня $d=0,05$ м, довжина $l=5$ м, відстань між заземлювачами $a=10$ м, глибина заглиблення $h=1$ м, ширина шини $b=0,06$ м. Тип ґрунту – чорнозем, кліматична зона – II. Вологість ґрунту – середня.

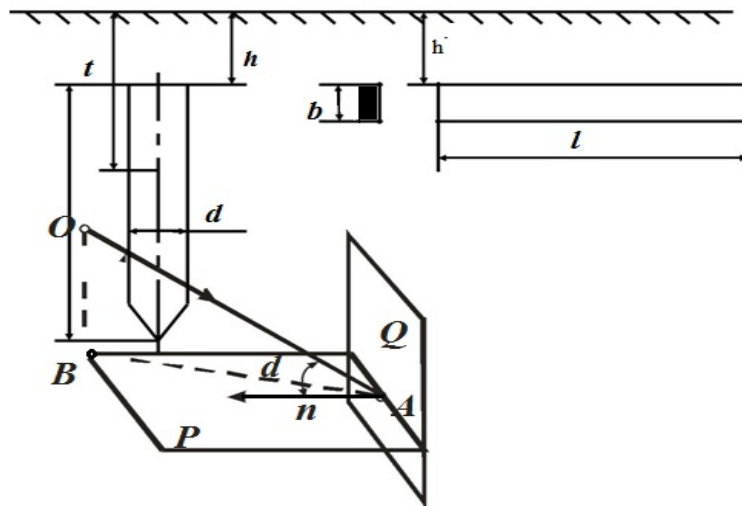


Рисунок 4.1 - Схема розташування електродів захисного заземлення в ґрунті

Розрахункове значення питомого опору ґрунту знайдемо за формулою:

$$\rho = \psi \rho_0, \quad (4.1)$$

де ρ_0 – питомий опір ґрунту, Ом · м;

ψ – кліматичний коефіцієнт, що залежить від кліматичної зони та вологості ґрунту, для Запорізького регіону можна вважати $\psi_6 = 1,3$ у випадку вертикального заземлювача.

$$\rho = 1,3 \cdot 60 = 78 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Опір розтіканню струму одного вертикального заземлювача знайдемо за формулою:

$$R_o = 0,366 \cdot \frac{\rho}{l} \left(\lg \frac{2l}{d} + 0,5 \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (4.2)$$

де l – довжина заземлювача, м;

d – діаметр заземлювача, м;

t – відстань від поверхні землі до середини заземлювача.

$$R_o = 0,366 \cdot \frac{78}{5} \left(\lg \frac{2 \cdot 5}{0,05} + 0,5 \lg \frac{4 \cdot 3,5 + 5}{4 \cdot 3,5 - 5} \right) = 14 \text{ Ом.}$$

Орієнтовна кількість вертикальних заземлювачів знайдемо за формулою:

$$n' = 1,3 R_o / R_n, \quad (4.3)$$

де R_n – нормативне значення опору заземлення, приймаємо 4 Ом, при $N_{mp} = 1000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$.

$$n' = 1,3 \cdot 14 / 4 = 4,55 \text{ шт.}$$

Приймаємо 5 вертикальних заземлювачів.

Розташовуємо заземлювачі у ряд. Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів $\eta_\epsilon = 0,7$.

Визначимо загальну кінцеву кількість заземлювачів знайдемо за формулою:

$$n = n' / \eta_\epsilon, \quad (4.4)$$

$$n = 5 / 0,7 = 7 \text{ шт.}$$

Довжина шини у випадку вертикальних заземлювачів визначається за формулою знайдемо за формулою:

$$L = 1,05 \cdot a \cdot n, \quad (4.5)$$

де a – відстань між заземлювачами, м.

$$L = 1,05 \cdot 10 \cdot 7 = 105 \text{ м.}$$

Опір розтіканню з'єднувальної шини для вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта її використання $\eta_{ш}$ знайдемо за формулою:

$$R_z = (\rho / 2\pi L \eta_{ш}) \ln(2 L^2 / bt), \quad (4.6)$$

де $\eta_{ш}$ – коефіцієнт використання шини $\eta_{ш} = 0,8$.

$$R_z = (78 / 2 \cdot 3,14 \cdot 105 \cdot 0,8) \ln(2 \cdot 105^2 / 0,06 \cdot 3,5) = 2 \text{ Ом}$$

Опір розтіканню струму заземлювача в цілому знайдемо за формулою:

$$R = (R_o \cdot R_z) / (R_o \cdot \eta_{in} + R_z \cdot \eta_e \cdot n) \quad (4.7)$$

$$R = (14 \cdot 2) / (14 \cdot 0,8 + 2 \cdot 0,7 \cdot 7) = 1,33 \text{ Ом}$$

Розрахункове значення значне менше нормативного $R = 1,33 < R_n = 4$, тому кількість вертикальних стрижнів зменшуємо до 5.

Для заземлення необхідно взяти 5 стрижнів.

ВИСНОВКИ

В першому розділі було проведено аналіз будівлі з позиції енергоефективності. В результаті було визначено рівень споживання теплової, електричної енергії, а також питної води та ін. Після визначення найбільших обсягів споживання енергетичних ресурсів, було намічено напрям роботи який передбачає розгляд комплекс заходів, спрямованих на підвищення ефективності системи енергоспоживання. Як показав аналіз структури енергоспоживання об'єкту найбільш значними статтями витрат являються витрати на опалювання та гарячу воду.

В другому розділі було проведено розрахунки доцільності впровадження заходів з підвищення енергетичної ефективності. Визначені можливості впровадження сонячного колектору (СК), та з'ясовано рівень енергії сонячного колектору, який на рік становить 17,98 тис.кВт·год. Також встановлено, що при впровадженні СК потреба в тепловій енергії на ГВП буде становити 12,57 тис. грн., що на 17,33 тис. грн менше ніж йде від підігрів від котельні. Також прорахували вибір кута установки сонячного колектору який дорівнює 45°.

Також було проведено розрахунок комбінованої системи теплопостачання методом планування експерименту, встановлено оптимальне співвідношення між теплотою, що поступає від центральної котельні, сонячного колектору та електрокотлу. Метод перебору дав такий результат: найменші витрати на теплову енергію для підприємства спостерігаються при забезпеченні теплотою на 30% від центральної котельні, майже 24% від сонячного колектору, та 46% від електрокотлу.

У роботі сформульовано план дій за енергозбереженням, який умовно поділений на етапи.

Перший етап:

- провести збори персоналу для проведення організаційних бесід з енергозбереження;

- встановити на вводах теплотраси систему обліку теплової енергії
- провести заміну чавунних радіаторів опалення сучасними металевими панелями з терморегулювальними клапанами, а також встановити екрани за радіаторами опалювання

- капіталовкладення в проект 82223,00 грн;
- економія теплопостачання на об'єкті 16,96 тис. грн /рік;
- термін окупності 4,8 років.

Другий етап:

- провести утеплення будівлі.
 - капіталовкладення в проект 1 178,944 тис. грн;
 - економічний ефект на об'єкті 150,43 тис. грн;
 - термін окупності 7,84 років.

Третій етап:

- змонтувати двохтрубну систему опалення;
- встановити електрокотел та геліоколектор.
 - капіталовкладення в проект 528,8 тис. грн;
 - економічний ефект 207,195 тис. грн;
 - термін окупності 2,55 років.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: [Текст] : учеб. / Е.Я. Соколов. – 7 изд., стер. М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472с.
2. Теплоснабжение [Текст] : учеб. / А.А. Ионин, Б.М. Братенков, Е.Н. Терлецкая; Под ред. А.А. Ионина. – М.: Стройиздат, 1982. – 336с.
3. Дубинин, А. М. Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий: учебное пособие / А.М. Дубинин. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. – 161с.
4. Иванов, В. Г., Солдатов, А. В., Клименко В. Н., и др. Охрана труда. Инженерные решения практических задач. [Текст] : учеб. / Укр. инж.-пед. акад. - Х.: , 2005. - 283 с.
5. Варфоломеев, Ю. М., Кокорин, О. Я. Отопление и тепловые сети [Текст]: учеб. / – М.: Инфра-М, 2006. – 48 с.
6. Энергосбережение в бюджетной сфере. [Текст] : учеб. / А. И. Евиланов, М. В. Кулик, В. Я. Злобинский. – К. : Знання, 1999г. – 472 с.
7. Качан, Ю. Г. Основы энергосбережения [Текст] : Навчальний посібник / Ю. Г. Качан. – Запорожье: ЗГИА, 2005. – 183 с.
8. Никельберг, В. Д. Монтаж освещения промышленных и жилых зданий [Текст] : учеб. пособие / В. Д. Никельберг, В. Н. Кожухаров. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 194 с.
9. Сибикин, Ю. Д. Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий [Текст] : учеб. / Ю. Д. Сибикин. – М. : Наука, 2002. – 248 с.
10. Фаликов, В.С. Энергосбережение в системах тепловодоснабжения зданий: Монография. – М.: ГУП “ВИМИ”, 2001. - 96с.
11. Шелигинский, А.Я. Борисов, К.Б. Вентиляция и кондиционирование воздуха в помещениях промышленных, общественных и жилых зданий. [Текст]: учеб. / – М.: МЭИ, 1999. – 88 с.

12. Энергосбережение в Украине: оборудование, материалы, услуги/ [Текст] : учеб. / ред. О. И. Гололобов.- К.: Арт-Пресс, 2000. - 250 с.
13. Розенгарт, Ю. И. Вторичные энергетические ресурсы черной металлургии и их использование [Текст] / Ю.И Розенгарт , Б.И Якобсон., З.А. Мурадова - Киев: «Вища школа», 1988 - 328с.
14. Деев, Л. В. Котельные установки и их обслуживание [Текст] / Л.В Деев, Балахничев Н.А. - М.: «Высшая школа», 1990 - 214с.
15. Справочник эксплуатационника газовых котельных [Текст] : учеб. пособие / Под ред. Столпнера Е.Б. - Ленинград: «Недра», 1976 - 528с.
16. Александров, В. Г. Паровые котлы средней и малой мощности [Текст]: учеб. / В.Г. Александров. - М.: «Энергия», 1966 - 246с.
17. Гусовский, В. Г. Газогорелочные устройства и системы отопления нагревательных и термических печей [Текст] : учеб. / В.Г. Гусовский, А.Е. Лифшиц, В.М Тымчак. - М.: «Металлургия». 1967 - 260с.
18. Кацнельсон, В.Д., Испытания котлоагрегатов с мощными плоскофакельными горелками [Текст] : учеб. / В.Д. Кацнельсон, А.А. Шатиль, А.И. Тарасов.- К.: Электрические станции, 1978 - 138с.
19. Винтовкин, А. А., Современные горелочные устройства (конструкции и технические характеристики) [Текст] : учеб. / Справочное издание А.А. Винтовкин, , М.Г. Ладыгичев, В.Л. Гусовский, А.Б. Усачев. / А.А.Винтовкин и др. - М.: Машиностроение -1, 2001 - 496 с.
20. Воливахин, В. И. Доменное производство [Текст] : учеб. / В.И Воливахин - М.: «Металлургия», 1976. - 248 с.
21. Иванов, Ю. В. Газогорелочные устройства [Текст] : учеб. / Ю.В. Иванов - М.: «Недра», 1972 - 376с.
22. Петкин, А. М. Экономия энергоресурсов: резервы и факторы эффективности [Текст] : учеб. / А.М. Петкин, - М.: «Техника», 1982 - 216с.
26. Быстрицкий, Г. Ф. Основы энергетики [Текст] : учеб. / Г. Ф. Быстрицкий – М. : КноРус, 2011. – 352 с.