

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Микола СОТНИК

(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ 20__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня магістр
(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 144 Теплоенергетика,
(код та назва)

освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент»
(освітньо-професійної / освітньо-наукової) (назва програми)

на тему: «Підвищення енергонезалежності будівлі гуртожитку ДПТНЗ «Сумське вище професійне училище будівництва та дизайну» з впровадженням альтернативного енергозабезпечення»

Здобувача групи ЕМ.м-21 Суворова Юрія Олексійовича
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис)

Юрій СУВОРОВ
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

д. т.н. Микола СОТНИК
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Суми – 2023

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки
Спеціальність 144 «Теплоенергетика» (Енергетичний менеджмент)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____

« » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

здобувача _____

Суворов Юрій Олексійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: «Підвищення енергонезалежності будівлі гуртожитку ДПТНЗ «Сумське вище професійне училище будівництва та дизайну» з впровадженням альтернативного енергозабезпечення»

затверджена наказом по університету № _____ від « » _____ 2023 р

2 Термін здачі студентом закінченої роботи – до 16.12.2023 р

3 Вихідні дані до магістерської роботи: Результати аналітичного вивчення інформації щодо актуальності проведення розрахункових робіт за темою магістерської роботи

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити):

Вступ (короткий опис загальних проблем з енергоспоживання та енергоефективності, до яких відноситься тематика випускної роботи);

Розділ 1 – Характеристика об'єкту енергетичного обстеження (Характеристика об'єкту та предмету дослідження випускної роботи. Аналіз зібраних статистичних або дослідних даних з подальшим визначенням вихідних даних до розрахунку. Визначення та характеристика способу або методики проведення подальших розрахунків за отриманими вихідними даними. Висновки).

Розділ 2 – Техніко-економічний аналіз умов запровадження енергозбережних заходів (Основні положення визначеної методики розрахунку; представлення результатів розрахунку за кожним етапом розрахункового дослідження. Аналіз отриманих результатів. Розробка заходів або напрямів з удосконалення ефективності подальшого функціонування об'єкту дослідження. Висновки).

Розділ 3 – Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. (Характеристика можливих небезпечних факторів, які треба враховувати при проведенні практичного дослідження за тематикою роботи, та їх розрахунковий аналіз. Висновки)

Загальні висновки.

5 Консультанти з проекту (роботи), із зазначенням розділів проекту

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	з 06.11 до 03.12.2023	
2	Захист переддипломної практики	до 08.12.2023	
3	Виконання 1-го розділу	до 26.11.2023	
4	Виконання 2-го розділу	до 10.12.2023	
5	Виконання 3-го розділу	до 13.12.2023	
6	Представлення виконаної роботи	до 16.12.2023	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 20.12.2023	
8	Проведення захисту роботи	з 20.12 до 30.12.2023	

5 Дата видачі завдання 06.11.2023 р

Керівник

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 68 сторінок, 12 рисунків, 17 таблиць, 2 додатки, 25 літературних джерел.

Метою роботи є розроблення заходів з підвищення енергоефективності системи енергозабезпечення будівлі та розрахувати економічну доцільність їх впровадження.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі*:

- дослідження та аналіз енергетичного стану будівлі з урахуванням її конструктивних особливостей;
- визначення ключових сфер, де можна модернізувати системи енергоспоживання.;
- виконати інженерні та економічні розрахунки, необхідні для обраного напрямку модернізації.;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

Предметом дослідження є системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі гуртожитку ДПТНЗ «Сумське вище професійне училище будівництва та дизайну».

Об'єкт дослідження: будівля гуртожитку та її системи енергозабезпечення.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ВУЗОЛ ОБЛІКУ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ, ТЕПЛОВТРАТА, ТЕПЛОНАДХОДЖЕННЯ, ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, СОНЯЧНА ПАНЕЛЬ, ВОДЯНА СКВАЖЕНА, МОДЕРНІЗАЦІЯ, МІКРОКЛІМАТ.

Тема роботи – **«Підвищення енергонезалежності будівлі гуртожитку ДПТНЗ «Сумське вище професійне училище будівництва та дизайну» з впровадженням альтернативного енергозабезпечення»**

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	9
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	9
1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження.....	10
1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта	11
1.3.1 Система теплопостачання	11
1.3.2 Система електропостачання.....	11
1.3.3 Система водопостачання.....	12
1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування.....	12
1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв	12
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду	15
1.4 Опис методів та приладів вимірювання.....	15
1.5 Аналіз результатів вимірювання.....	16
1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води	16
1.6.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії.....	17
1.6.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії	18
1.6.3 Аналіз обсягів споживання води	20
1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.....	21
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії.....	21
1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	24
1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	24
1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі.....	25
1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання.....	25
1.8.2 Розрахунок теплонадходжень.....	32
1.9 Висновки за розділом.....	36
2. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	38
2.1 Опис можливих енергозбережних заходів.....	38
2.1.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі.....	38
2.1.2 Встановлення сонячних панелей на даху будівлі.....	40
2.1.3 Буріння свердловини для забезпечення будівлі холодною водою.....	43
2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів	46
2.2.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі.....	46
2.2.2 Встановлення сонячних панелей на даху будівлі.....	54
2.2.3 Буріння свердловини для забезпечення будівлі холодною водою.....	56
2.3 Висновки за розділом.....	58
3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	59
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження.....	59
3.2 Техніка безпеки при вимірюванні на об'єкті енергетичного обстеження.....	61
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64

ДОДАТОК А67
ДОДАТОК Б68

ВСТУП

Раціональне енергоспоживання з мінімальним негативним впливом на навколишнє середовище для вирішення найактуальніших завдань сучасного суспільства [1].

Організація раціонального енергоспоживання з мінімальним негативним впливом на навколишнє середовище, раціональне і достатнє задоволення технічних і технологічних вимог/

Йдеться про раціональне використання енергетичних ресурсів, яке обґрунтовано і в достатній мірі задовольняє технічні та технологічні потреби [1].

Йдеться також про розумне використання енергетичних ресурсів, що дозволяє обґрунтовано і в достатній мірі задовольняти потреби громадян в усіх видах і формах енергії.

Проблема високого енергоспоживання та необхідність підвищення енергоефективності в муніципальному секторі є актуальними питаннями для України [1].

Це актуальне питання для України. Проблема енергоефективності є актуальним питанням для України. Питання енергоефективності набуває все більшого значення, оскільки вважається одним з основних елементів загальної енергетичної політики держави. Вона розглядається як один з основних елементів енергетичної політики держави [1].

Енергозбереження набуває все більшого значення в Україні. Девелопери все більше уваги приділяють енергоефективності, а власники існуючих будівель модернізують їх у різний спосіб з тією ж метою. Вони обирають різні сценарії. В одних випадках ефективним може бути утеплення будівлі або заміна вікон, а в інших - оптимізація системи опалення. Існує багато способів зробити це, але головне, щоб вони були ефективними. Зрештою, універсальні методи не можуть врахувати та проаналізувати характеристики будівлі.

Для того, щоб визначити, якого «лікування» потребує ваша будівля, необхідно провести діагностику, тобто комплексний енергоаудит будівлі. Він

передбачає комплексне обстеження будівлі за допомогою спеціального обладнання та надання повного звіту з рекомендаціями щодо зменшення витрат на енергоресурси [2].

Основна мета енергоаудиту - визначити шляхи підвищення енергоефективності будівлі, тим самим поліпшити мікроклімат і заощадити на технічному обслуговуванні. Тільки шляхом проведення енергоаудиту можна визначити, які заходи будуть ефективними для будівлі, що дозволить скоротити час, витрачений на роботи з енергомодернізації, і заощадити кошти [2].

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є будівля гуртожитку ДПТНЗ «Сумське вище професійне училище будівництва та дизайну».

Адреса будівлі: м. Суми, вул. Охтирська, 31.

Дана будівля має 5 поверхів. Призначена для проживання людей.

Рік побудови - 1975 році.

Головний фасад зорієнтований на схід.

Зовнішній вигляд фасаду будівлі зображений на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд фасаду будівлі

Технічні характеристики будівлі згідно наданої інформації на об'єкті під час обстеження:

- площа забудови будівлі 980 м².
- опалювальна площа будівлі 4117,7 м²;
- опалювальний об'єм будівлі 11530 м³;

- опалювальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами 14123 м³.

Кількість людей, які проживають у будівлі на момент обстеження складає 330 осіб.

На вахті цілодобово чергує комендант.

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки будівлі наведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки будівлі

Найменування конструкції	Матеріал шару
Стіни	Кладка з цегли звичайної (червоної) на цементно-піщаному розчині
	Цементно-піщана штукатурка
Дах	Залізобетонна плита
	Шар керамзиту
	Руберойд
Вікна	Дерев'яні та металопластикові з двокамерним склопакетом
Двері	Металеві
Підлога	Залізобетонна плита
	Розчин цементно-піщаний
	Лінолеум

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

Дана будівля має централізовані системи теплопостачання, водопостачання та водовідведення.

Гаряче водопостачання в будівлі відбувається від електричних водонагрівачів, які встановлені в душових кімнатах.

1.3.1 Система теплопостачання

Будівля має централізовану систему теплопостачання. Договір на поставку тепла укладений з ТОВ «Сумитеплоенерго». Номер договору – 632-Т. Теплоносій подається від котельні, яка знаходиться за адресою вул. Нижньосироватська, 66 А.

Акт меж розподілу за стан та обслуговування теплових мереж наведено в Додатку А.

Теплоносій в системі опалення – технічно підготовлена вода. Система опалення – однотрубна, вертикальна з верхнім розведенням теплоносія.

Опалювальні прилади – чавунні радіатори типу МС 140. В деяких кімнатах гуртожитку опалювальні прилади замінені на нові типу «Біметал».

Система опалення безелеваторна. На подаючому та зворотньому трубопроводах системи опалення встановлені повірені манометри та термометри (додаток Б). Теплова ізоляція в деяких місцях пошкоджена, потребує заміни.

Регулювання подачі теплоносія в систему опалення відбувається в «ручному» режимі, шляхом відкривання/закривання ввідної запірної арматури. Це призводить до нерівномірного розподілу теплоносія по стоякам та опалювальним приладам. І як наслідок відбувається зниження температури повітря деяких кімнатах.

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» на підставі Договору про постачання електричної енергії № 1102. Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-420, що знаходиться неподалік від будівлі. Живлення струмоприймачів здійснюється по кабельній лінії 3×120 мм з напругою 220 В.

1.3.3 Система водопостачання

Водопостачання будівлі здійснюється централізовано КП «Міськводоканал» СМР на підставі Договору № 632.

Вода до будинку подається по металевій трубі Ø 80 мм зі сторони вул. Охтирська. На момент обстеження тиск води на вході в будівлю склав $P_{\text{хв}}=0,4$ МПа. Водовідведення в будівлі – централізоване.

Трубопроводи холодної води по будівлі виконані з поліпропілену Ø 30 мм. На кухнях гуртожитку встановлено нові змішувачі з насадками.

Основними споживачами води мешканці та відвідувачі гуртожитку.

1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування

Система вентиляція в будівлі – природня. В деяких кімнатах встановлені побутові кондиціонери.

1.3.5 Система обліку споживання енергетичних носіїв

Під час обстеження теплового пункту було встановлено, що на вводі до будівлі встановлений тепловий лічильник типу SENSUS «PolluTherm – EX», (рис 1.2), термін повірки якого 17 серпня 2022 р.



Рисунок 1.2 – Лічильник теплової енергії [3]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [4]

Назва параметру	Значення параметру
Клас точності приладу	2
Живлення приладу	Літієва батарейка
Довжина кабеля	3 м
Тип встановлення	Горизонтальний
Міжповірочний інтервал	4 роки

Під час обстеження системи електропостачання будівлі було встановлено, що облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником активної енергії типу НІК (рис. 1.3), термін повірки якого 25 липня 2021 р.



Рисунок 1.3 – Лічильник електричної енергії [4]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики лічильника «НІК» [5]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальна напруга	220 В

Продовження таблиці 1.3

Номінальний та максимальний струм	5(50) А
Кількість фаз	1
Клас точності	1
Міжповірочний інтервал	4 роки
Номінальна частота	50 Гц

Холодна вода обліковується лічильником SENSUS типу WP-Dynamic 50/50 (рис. 1.4), термін повірки якого 16 квітня 2021 р.

Лічильник встановлений в приміщенні на 1-му поверсі будівлі.



Рисунок 1.4 – Лічильник холодної води [5]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики лічильника SENSUS типу WP-Dynamic 50/50 [6]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальний тиск	1,6 МПа
Максимальна витрата	9 м ³ /год

Продовження таблиці 1.4

Номінальна витрата	5 м ³ /год
Мінімальна витрата	0,3 м ³ /год
Міжповірочний інтервал	4 роки
Тип встановлення	Горизонтальний

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 11.07.2023 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають з ПДВ:

теплова енергія – 2630, 57 грн/Гкал;

водопостачання – 15,98 грн/м³;

водовідведення – 16,67 грн/м³;

електрична енергія – 6,2 грн / кВт·год.

1.4 Опис методів та приладів для проведення вимірювань

Вимірювання та теплотехнічні розрахунки є важливою частиною процесу експлуатації будівель для забезпечення оптимального рівня комфорту та ефективності енергоспоживання. Використання термометрів для вимірювання параметрів повітря, таких як температура, є стандартним методом оцінки теплових характеристик приміщень.

Температуру повітря в кімнатах було виміряно за допомогою кімнатного термометра. Функція кімнатного термометра – вимірювання температури повітря у приміщеннях. Діапазон вимірювання температур: -30 +50 °С. Розмір термометра: 160x20 мм.

Для визначення вологості в приміщеннях використовували вимірювач Testo 605-H1 .

Для вимірювання геометричних розмірів будівлі використовувався лазерний далекомір типу «BOSH» (рис 1.5).



Рисунок 1.5 – Далекомір типу «BOSH» [6]

1.5 Аналіз результатів вимірювання

Вимірювання проводилось 10.11.2023 р. Система опалення була включена. Температура зовнішнього повітря становила: 2⁰С.

Вимірювані параметри склали:

1) середня температура повітря по кімнатах будівлі склали $T_{в} = 20^{\circ}\text{C}$, що відповідає санітарним вимогам [7].

2) температура теплоносія в системі опалення $T_1 = 59^{\circ}\text{C}$; $T_2 = 42^{\circ}\text{C}$ (згідно показань лічильника тепла).

3) відносна вологість повітря – 54%, що відповідає вимогам норм і правил [7].

1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води

На об'єкті ведеться щомісячний облік споживання теплової енергії, електричної енергії та холодної води. Дані записуються в спеціальний журнал обліку енергоресурсів.

1.6.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії

Помісячне споживання теплової енергії за 2020-2023 роки наведено в таблиці 1.5 та на рисунку 1.6 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку теплової енергії об'єкта.

Таблиця 1.5 – Величина споживання теплової енергії за 2020 – 2023 роки, Гкал

Місяці	2020 рік, Гкал	2021 рік, Гкал	2022 рік, Гкал	2023 рік, Гкал
Січень	39,7	36,6	34,3	32,1
Лютий	35,2	31,1	30,4	29,7
Березень	26,4	23,6	21,4	25,2
Квітень	12,1	11,2	10,9	9,7
Травень	0	0	0	0
Червень	0	0	0	0
Липень	0	0	0	0
Серпень	0	0	0	0
Вересень	0	0	0	0
Жовтень	34,2	33,3	32,4	6,4
Листопад	35,6	32,2	31,3	-
Грудень	34,5	35,3	33,3	-
Всього	217,7	203,3	194	-

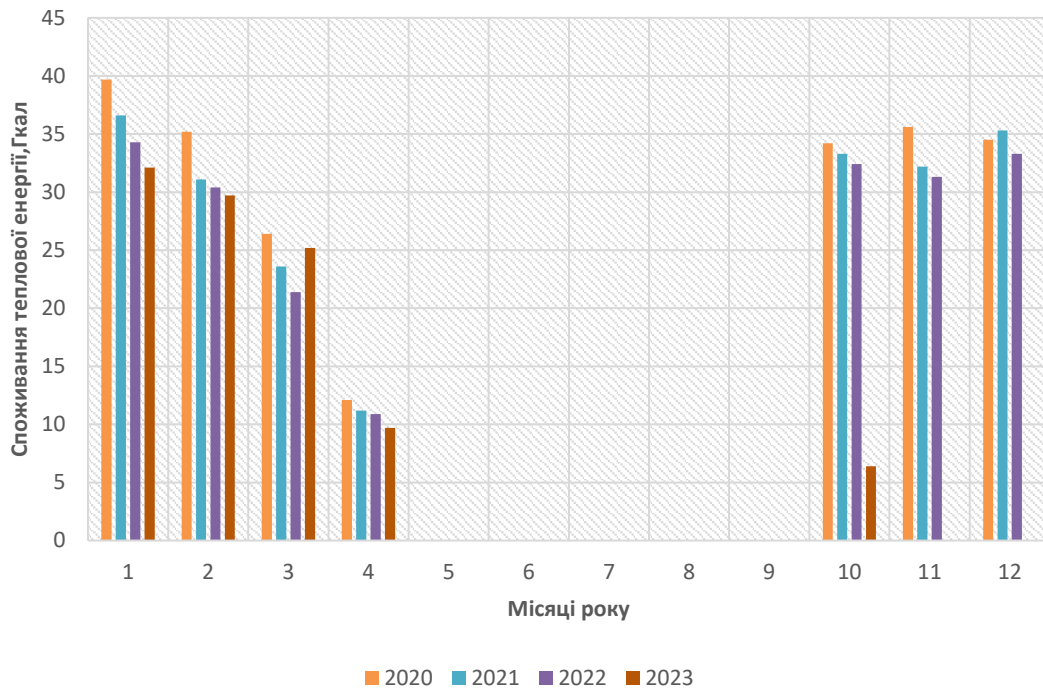


Рисунок 1.6 - Діаграма споживання теплової енергії за 2020-2023 роки

З діаграми споживання теплової енергії видно, що її споживання відбувається тільки в опалювальний період. Споживання більш-менш рівномірне. Це пояснюється контролем за споживанням та встановленими лімітами.

Найменше теплової енергії споживалось в лютому та березні місяці 2022 року. Це пов'язано з повномасштабним вторгненням росії на територію України.

1.6.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії

Помісячне споживання електричної енергії у 2020, 2021 та 2022 роках наведено в таблиці 1.6 та на рисунку 1.7 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку електроенергії об'єкта.

Таблиця 1.6 – Величина споживання електричної енергії за 2020 – 2022 роки

Місяці	2020 рік, кВт·год	2021 рік, кВт·год	2022 рік, кВт·год
Січень	13362	13987	11365

Лютий	12567	11879	11475
Березень	9874	10364	11025
Квітень	8956	9874	10365
Травень	17563	15987	13254
Червень	17541	16942	16587
Липень	18364	17021	17214
Серпень	16654	16231	17032
Вересень	15230	14569	15456
Жовтень	14587	13651	14569
Листопад	13984	12365	13651
Грудень	12241	12872	12365
Всього	170923	165742	164358

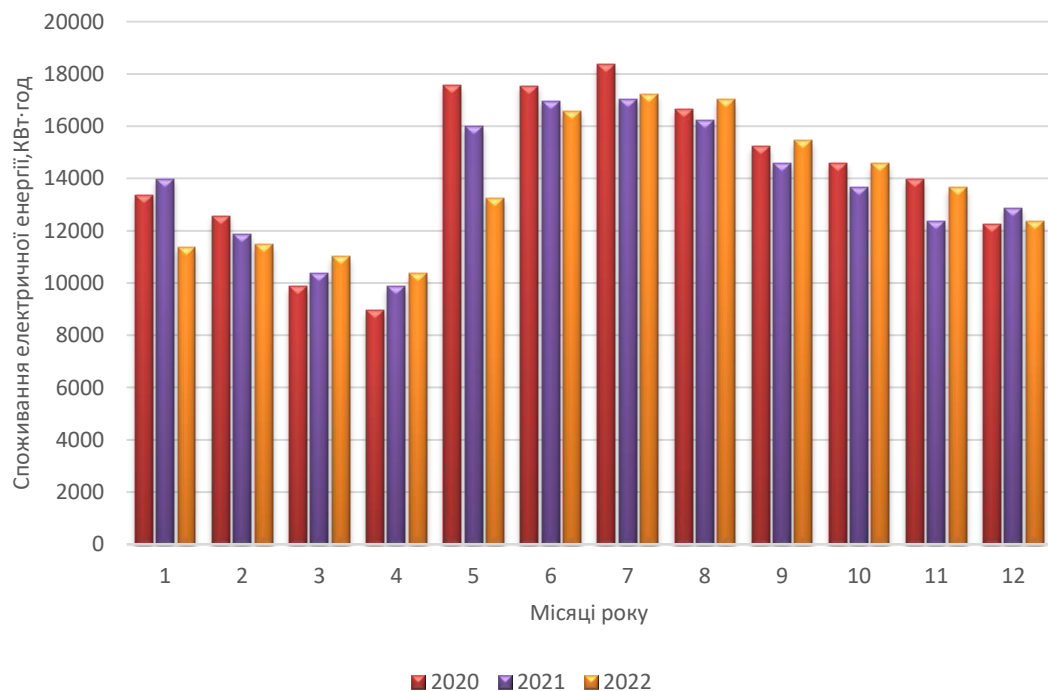


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання електричної енергії за 2020-2022 роки

З діаграми споживання електроенергії видно, що зростання рівня споживання електричної енергії відбувається в літній час. Це пояснюється більшим використанням електричних водонагрівачів для системи гарячого водопостачання

Найменше електричної енергії споживалося в 2022 році. Це пояснюється зменшенням кількості мешканців гуртожитку в наслідок повномасштабного вторгнення росії в Україну.

1.6.3 Аналіз обсягів споживання води

Помісячне споживання води у 2020, 2021 та 2022 роках наведено в таблиці 1.7 та на рисунку 1.8 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку води об'єктів.

Таблиця 1.7 – Споживання холодної води за 2020-2022 роки

Місяці	2020 рік, м ³	2021 рік, м ³	2022 рік, м ³
Січень	3214	3145	3025
Лютий	3021	3056	3045
Березень	3102	3121	2985
Квітень	3120	3621	3147
Травень	4526	4789	4587
Червень	5624	5636	4696
Липень	5236	5423	5124
Серпень	5412	5389	4985
Вересень	4256	4986	4962
Жовтень	3147	3452	3214
Листопад	3785	3658	3274
Грудень	3652	3698	3625
Всього	48095	49974	46669

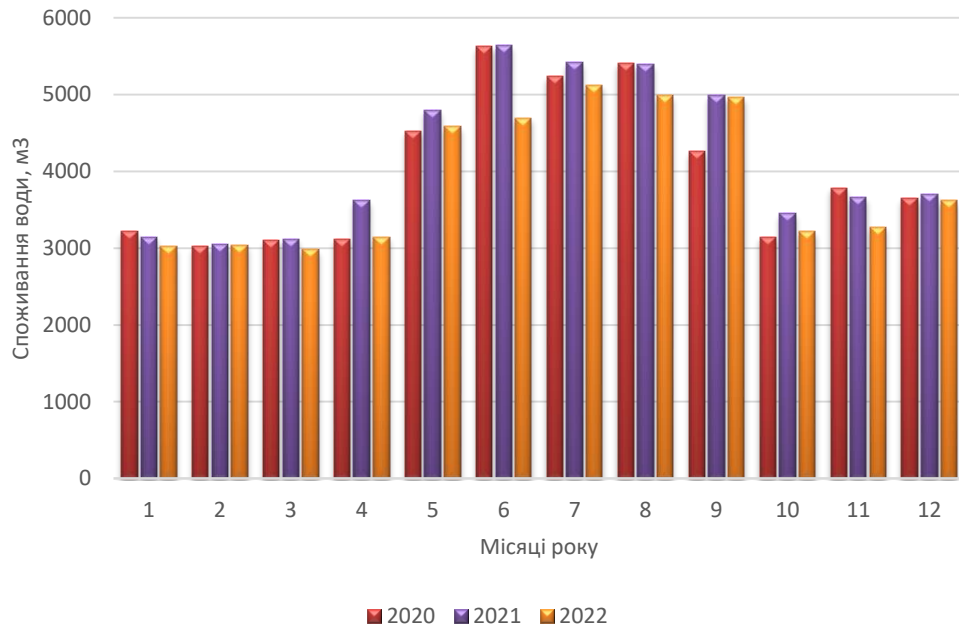


Рисунок 1.8 - Діаграма споживання води за 2020-2022 роки

Споживання протягом року нерівномірне. Тенденції до споживання води збільшуються в міжопалювальний період місяці. В цей період в гуртожитку відсутнє гаряче водопостачання, відбувається підігрів холодної води для побутових потреб.

1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності

1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії

З метою надання об'єктивного висновку про ефективність споживання теплової енергії на опалення будівлі, який обстежується, необхідно провести порівняння дійсних обсягів споживання теплової енергії зі встановленими державними нормами.

Питома енергопотреба (*EP*) – показник енергетичної ефективності будівлі, що визначає кількість енергії, яку необхідно подати до або видалити з кондиціонованого об'єму для забезпечення нормованих теплових умов

мікроклімату в приміщеннях, і належить до одиниці опалюваної (кондиціонованої) площі або об'єму будівлі [8]:

$$EP_{use} = \frac{Q_H}{A_f}, \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} \quad (1.1)$$

де Q_H – величина споживаної теплової потужності будинку за весь опалювальний період (за обліковими даними), кВт·год;

A_f – опалювальна площа будівлі, м².

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [8]:

$$EP_{use} \leq EP_p, \quad (1.2)$$

де EP_{use} – питома річна енергопотреба будівлі, кВт·год/м³;

EP_p – граничне значення питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні житлових та громадських будівель, що встановлюється згідно з мінімальними вимогами до енергетичної ефективності будівель, кВт год/м² [8].

Нормативна питома енергопотреба для житлових будівель (від 4-9 поверхових) [8]:

$$EP_p = 85 \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^2} = 0,073 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^2}.$$

Згідно наданих закладом облікових даних, фактичні питомі тепловитрати на опалення будівлі за опалювальний рік становлять:

- за 2020-2021 рік – $Q_{оп} = 217,7$ Гкал;
- за 2021-2022 рік – $Q_{оп} = 203,3$ Гкал;
- за 2022-2023 рік – $Q_{оп} = 194$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2020-2021 рік – $EP = 0,053 \text{ Гкал/м}^2$;
- за 2021-2022 рік – $EP = 0,05 \text{ Гкал/м}^2$;
- за 2022-2023 рік – $EP = 0,047 \text{ Гкал/м}^2$.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,05 \text{ Гкал/м}^3$.

Клас енергетичної ефективності будівлі визначимо за формулою [8]:

$$\Delta_{EP} = \left(\frac{EP_{use} - EP_p}{EP_p} \right) \cdot 100\% , \quad (1.3)$$

Клас енергетичної ефективності будівлі:

$$\Delta_{EP} = \left(\frac{0,05 - 0,073}{0,073} \right) \cdot 100\% = -31\%$$

Згідно з [8] дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «В».

За результатами порівняння фактичних і нормованих показників із споживання теплової енергії можна зробити наступний висновок, а саме: такий стан усіх технологічних і конструктивних елементів, що визначають енергетичну ефективність процесу створення і підтримки теплового балансу в будівлі, необхідно вважати такими, що задовольняють сучасним вимогам з енергоефективності.

Але дотримання лімітів теплоспоживання призводить до неефективного управління тепlopостачанням і вимагає втручання в режим роботи системи вручну.

Важливо враховувати, що нестабільний режим роботи тепlopостачання може призводити до нерівномірного прогрівання приміщень і навіть викликати додаткові витрати через використання додаткових джерел тепла.

Щоб вирішити ці проблеми та покращити енергетичну ефективність, можливо, буде важливо впровадити автоматизовані системи управління

теплопостачанням, які забезпечують оптимальний режим роботи в залежності від потреб будівлі та зовнішніх умов.

Також, можливо, слід розглянути можливості модернізації системи опалення та внутрішніх мереж для забезпечення більш ефективного та рівномірного розподілу тепла усередині будівлі. Впровадження енергоефективних технологій та матеріалів також може сприяти поліпшенню ситуації.

1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії

Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії можна зробити за рахунок порівняння фактичних норм споживання електричної енергії з нормованим значенням.

Згідно з [9] норма споживання електричної енергії для гуртожитків складає 900 кВт·год/місце. В гуртожитку налічується близько 330 місць.

Для будівлі фактичне споживання електричної енергії складає:

$$\text{- 2020 рік: } \frac{170923 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{330} = 534,1 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{місце};$$

$$\text{- 2021 рік: } \frac{165742 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{330} = 517,9 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{місце};$$

$$\text{- 2022 рік: } \frac{164358 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{330} = 513,6 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{місце}.$$

Як видно з розрахунків фактичне значення не перевищує нормоване, що є задовільним показником.

1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води

За відомими величинами місячних витрат води і відомій кількості мешканців у будівлі визначено питомі показники витрат холодної на одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами [10]. Норма витрат води для будівлі на одну людину становить – 7 м³/місяць.

$$\text{- 2020 рік } \left(\frac{48095}{330} \right) / 12 = 12,1 \text{ м}^3/\text{місяць};$$

- 2021 рік ($\frac{49974}{330}$)/12 = 12,3 м³/місяць;

- 2022 рік ($\frac{46669}{330}$)/12 = 11,8 м³/місяць.

Порівняння норми витрат води і дійсних величин витрат показує, що реальні значення перевищують нормовані. Це є не дуже гарним показником.

1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі

Розрахунки системи енергопостачання будівлі виконано згідно методики [11].

1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання

Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma пр}$, м²·К/Вт повинний бути не менше за вимагаємих значень $R_{q min}$, які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження [11].

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд обов'язкове виконання умови:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q min}, \quad (1.1)$$

де $R_{\Sigma пр}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, м²·К/Вт;

$R_{q min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, м²·К/Вт.

Мінімально допустиме значення, $R_{q \min}$, опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт промислових будинків встановлюється згідно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища.

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, що розраховується за формулою:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, \quad (1.2)$$

де δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м · К) [14];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

Приведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma np}$, м²·К/Вт, непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.2) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_6} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3} \quad (1.3)$$

де α_6 , α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К);

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації згідно, Вт/(м · К);

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (1.2), м²·К/Вт.

Розрахунок тепловтрат

При дотриманні оптимальних умов теплового балансу приміщень будинків необхідно щоб виконувалася в них умова рівності між тепловтратами і теплонадходженнями.

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень згідно [11]

$$\sum Q_{\text{втр}} = \sum Q_0 + \sum Q_{\text{д}} + \sum Q_{\text{інф}} + \sum Q_{\text{в}}, \text{ Вт} \quad (1.4)$$

де $\sum Q_0$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції будівлі, Вт;

$\sum Q_{\text{д}}$ – сумарні додаткові втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції, Вт;

$\sum Q_{\text{інф}}$ – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт;

$\sum Q_{\text{в}}$ – сумарні додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію, Вт.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі (стіни, стелі, світлові прорізи, двері, підлоги)

$$Q_0 = \frac{F_{\text{озр}}}{R_{\Sigma\text{пр}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \text{ Вт} \quad (1.5)$$

де $F_{\text{озр}}$ – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції, м²;

$R_{\Sigma\text{пр}}$ – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), м²·°C/Вт [11];

$t_{\text{в}}, t_{\text{з.п}}$ – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °C ;

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря.

Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню

$$\sum Q_0 = \sum Q_{\text{ст}} + \sum Q_{\text{стл}} + \sum Q_{\text{вкн}} + \sum Q_{\text{з.д}} + \sum Q_{\text{подл}}, \text{ Вт} \quad (1.6)$$

де ΣQ_{cm} – сумарні втрати теплоти через зовнішні огороження (вертикальної конструкції), Вт;

ΣQ_{ctl} – сумарні втрати теплоти через стелю (покриття), Вт;

ΣQ_{vkn} – сумарні втрати теплоти через світлові прорізи, Вт;

$\Sigma Q_{z.d}$ – сумарні втрати теплоти через ворота, обчислені для приміщень у яких є вихід на зовнішню сторону будинку, Вт ;

ΣQ_{ndl} – сумарні втрати теплоти через неутеплені підлоги на ґрунті, Вт.

Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожувальні конструкції

Додаткові втрати тепла через огорожувальні конструкції будівель обумовлені наявністю багатьох різних неврахованих факторів, що підвищують величини основних тепловтрат на деякі частки від їхніх значень.

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків

$$\Sigma Q_{op}^{\circ} = \Sigma Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (1.7)$$

де ΣQ_{cm} – сумарні тепловтрати зовнішні стіни приміщень, Вт;

β_{op} – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу [14].

Додаткові тепловтрати через неутеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами

$$\Sigma Q_{ndl}^{\circ} = 0,13 \cdot Q_{ndl}, \text{ Вт} \quad (1.8)$$

де Q_{ndl} – втрати теплоти через неутеплені підлоги, Вт.

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції

$$\sum Q_d = \sum Q_{op}^d + \sum Q_s^d + \sum Q_{ndl}^d, \text{ Вт} \quad (1.9)$$

де: $\sum Q_{op}^d$ – сумарні додаткові тепловтрати через зовнішні огороження на орієнтацію, Вт;

$\sum Q_s^d$ – сумарні тепловтрати по висоті приміщень, Вт;

$\sum Q_{ndl}^d$ – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, Вт.

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря [11]

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

$$Q_{вкн}^{инф} = 0,28 \cdot G_{н.вкн} \cdot F_{вкн} \cdot c \cdot (t_g - t_{з.р}) \cdot n_g, \text{ Вт} \quad (1.10)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С [14];

t_g , $t_{з.р}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

$G_{н.вкн}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, кг/(м²·год);

$F_{вкн}$ – площа віконного прорізу, м².

n_g – кількість однотипних вікон.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через відкриті двері

З урахуванням дії вітру масова витрата повітря, що уривається через відкриті двері, може бути визначена за рівнянням [14]:

$$G_{вр} = B \cdot H \cdot [0,33 \cdot k_q \cdot (g \cdot H \cdot \Delta\rho / \rho_c) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot v] \cdot \rho_c, \text{ кг/с} \quad (1.11)$$

де B і H – ширина та висота дверей відповідно, м;

k_q – коефіцієнт витрати (для незахищених дверей 0,8) [11];

g – прискорення вільного падіння, $9,81 \text{ м/с}^2$ [11];

v – швидкість вітру під кутом до дверей (I-а кліматична зона – 2 м/с ; II-а кліматична зона – $2,1 \text{ м/с}$) [11];

$\Delta\rho$ – різниця густин повітряних мас ($\Delta\rho = \rho - \rho_c$), кг/м^3 ;

ρ_c – середня густина повітряних мас, кг/м^3 (при нормальних умовах $\rho = 1,3 \text{ кг/м}^3$):

$$\rho_c = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_g + t_{cp.on})]} \quad (1.12)$$

де $t_{cp.on}$ – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

Теплова потужність, яка необхідна для нагріву повітря, що вривається у двері без повітряної завіси, знаходиться за формулою:

$$Q_{ep}^{inf} = G_{ep} \cdot c \cdot (t_g - t_{z.p}) \cdot k_g, \text{ кВт} \quad (1.13)$$

де G_{ep} – масова витрата зовнішнього повітря, що поступає через ворота, кг/с ;

c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$ [11];

t_g і $t_{z.p}$ – температура внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

k_g – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкриття воріт протягом години.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

$$Q_{z.o}^{inf} = 0,28 \cdot G_{z.o} \cdot c \cdot (t_g - t_z), \quad (1.14)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot\text{0C}$;

$t_{в}$, $t_{з,р}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$G_{з,д}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь неущільнені ворота, кг/год:

$$G_{з,д} = b_{н,д} \cdot L_{н,д} \cdot v_{ср,н,д} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (1.15)$$

де $b_{н,д}$ – ширина встановленої дверної або іншої нещільності (приймається 5 мм), м;

$L_{н,д}$ – довжина нещільності (береться загальний периметр дверей), м;

$v_{ср,н,д}$ – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільність (приймається $0,8 \text{ м/с}$), м/с [11];

m_n – маса 1 м^3 повітря (для практичних розрахунків беруть $m_n = 1,3 \text{ кг}$).

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{инф} = Q_{вкн}^{инф} + Q_{вр}^{инф} + Q_{з,д}^{инф}, \text{ Вт} \quad (1.16)$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

$$Q_g = 0,28 \cdot V_{п} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_g - t_{з,р}) \cdot n_k \cdot k_v, \text{ Вт} \quad (1.17)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг}\cdot\text{0C}$ [11];

t_g і $t_{з,р}$ – температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

$V_{п}$ – внутрішній об'єм приміщення, м^3 ;

ρ – густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho=1,3$ кг/м³ [11];
 n_k – кратність повітрообміну приміщення, год⁻¹ (за умовою завдання);
 k_V – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання (приймається $k_V=0,85$) [11].

1.8.2 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \text{ Вт} \quad (1.18)$$

де q_l – явні теплонадходження від людей, Вт;

n_l – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування

$$Q_{el} = N_{el} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \text{ Вт} \quad (1.19)$$

де N_{el} – номінальна потужність електроустаткування, Вт;

k_{II} – коефіцієнт завантаження;

η – ККД електроустаткування;

k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення;

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію;

Теплонадходження від джерел освітлення

$$Q_{осв} = N_l \cdot k_{осв} \cdot n_l \cdot k_3, \text{ Вт} \quad (1.20)$$

де N_l – потужність одного джерела освітлення, Вт;

$k_{осв}$ – коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову;

k_3 – коефіцієнт завантаження освітлення;

n_l – кількість однотипних джерел освітлення.

Теплонадходження від сонячної радіації

$$Q_{рад} = (q_c \cdot F_c + q_T \cdot F_T) \cdot k_{о.п}, \text{ Вт} \quad (1.21)$$

де q_c , q_T – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 м² скління, освітленого сонцем і перебуваючого в тіні, Вт/м² ($q_c=250$ Вт/м²; $q_T=100$ Вт/м²);

F_c , F_T – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених, м²;

$k_{о.п}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу ($k_{о.п}=0,6$) [11].

Сумарні теплонадходження

$$Q_{тн} = Q_l + Q_{ел} + Q_{осв} + Q_{рад}, \text{ Вт} \quad (1.22)$$

Визначення теплової потужності всієї будівлі

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{тн}, \text{ Вт} \quad (1.23)$$

де $\Sigma Q_{втр}$ - сумарні тепловтрати по всій будівлі, Вт;

$\Sigma Q_{тн}$ - сумарні теплонадходження по всій будівлі, Вт.

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі, яка обстежується представлені у таблиці 1.9.

Таблиця 1.9 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Тепло-провідність $\lambda_i, \frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma пр}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q \min}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Стіни	Кладка з цегли звичайної на цементно-піщаному розчині	0,55	0,81	0,85	4,0
		Декоративна штукатурка	0,07	0,81		
2	Дах	Залізобетонна плита	0,22	2,04	1,64	7,0
		Керамзит	0,2	0,12		
		Рубероїд	0,005	0,17		
3	Вікна	Металопластикові з двокамерним склопакетом	–	–	0,6	0,9
		Дерев'яні			0,45	
4	Двері	Металеві	-	-	0,41	0,7
5	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	1,92	0,43	5,0
		Розчин цементно-піщаний	0,04	0,81		
		Керамічна плитка	0,007	1,1		

Отримані результати ($R_{\Sigma пр} \ll R_{q \min}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [8]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Розрахунок теплової потужності будівлі виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [12].

Вихідні дані та результати розрахунку наведено в таблиці 1.10 та 1.11.

Таблиця 1.10 – Вихідні дані

Вихідні дані для розрахунку	Значення параметру
Температура у середині приміщення, $^{\circ}C$	20
Температура в підвальному приміщенні, $^{\circ}C$	8

Продовження таблиці 1.10

Температура зовнішнього повітря, °С	-25
Загальна площа зовнішніх стін, м ²	1867,5
Загальна площа площі перекриття даху, м ²	980
Загальна площа вікон (металопластикових), м ²	414
Загальна площа вікон (дерев'яних), м ²	231
Загальна площа дверей, м ²	7,5
Загальна площа перекриття над підвалом, м ²	980
Допоміжний коефіцієнт	0,28
Кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, м ³	8
Коефіцієнт теплоємності повітря, , кДж/(кг · К)	1,005
Внутрішній об'єм приміщення, м ³	11530
Густина повітря, яке видаляється з приміщення, кг/м ³	1,3
Коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання	0,85
Кратність повітрообміну приміщення, год ⁻¹	0,8
Кількість людей в приміщенні	330
Явні теплонадходження від людей, Вт	103
Номинальна потужність електроустаткування, Вт	30000
Коефіцієнт завантаження	0,85
ККД електроустаткування	0,9
Коефіцієнт переходу тепла в приміщення	0,9
Коефіцієнт попиту на електроенергію	0,3
Потужність одного джерела освітлення, Вт	60
Коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову	0,4
Коефіцієнт завантаження освітлення	0,6
Кількість однотипних джерел освітлення	1050
Тепловий потік, що надходить через 1 м ² скління освітленого сонцем, Вт	250
Тепловий потік, що надходить через 1 м ² скління перебуваючого в тіні, Вт	100
Площа заповнення світлових прорізів, м ²	206
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні), м ²	206
Коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу	0,6

Таблиця 1.11 – Результати розрахунку

Розрахункові дані	Значення параметру
Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін, (м ² ·К)/Вт	0,85
Приведений опір теплопередачі для стелі, (м ² ·К)/Вт	1,64

Продовження таблиці 1.11

Приведений опір теплопередачі для дверей, (м ² ·К)/Вт	0,41
Приведений опір теплопередачі для вікон (металоплас.), (м ² ·К)/Вт	0,6
Приведений опір теплопередачі для вікон (дерев'яні), (м ² ·К)/Вт	0,45
Приведений опір теплопередачі для підлоги, (м ² ·К)/Вт	0,43
Втрати теплоти через стіни,Вт	105046,875
Втрати теплоти через стелю,Вт	28823,52941
Втрати теплоти через двері,Вт	784
Втрати теплоти через вікна (металопластикові),Вт	31050
Втрати теплоти через вікна (дерев'яні), Вт	23100
Втрати теплоти через підлогу, Вт	29400
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	41939,856
Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	129067,8808
Сумарні тепловтрати, Вт	389212,14
Теплонадходження від людей, Вт	33990
Теплонадходження від електроустаткування, Вт	8311,5
Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	15120
Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	43260
Сумарні теплонадходження,Вт	100681,5
Теплова потужність будівлі,Вт	288530,6
Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, кВт	615808,9

1.9 Висновки до розділу

1) При візуальному обстеженні встановлено, що зовнішні огорожувальні конструкції будівлі без видимих дефектів.

2) Система теплопостачання в будівлі - централізована. Джерелом теплопостачання є котельня по вул. Нижньосироватська, 66 А.

3) Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано.

4) В будівлі встановлені лічильники обліку теплової енергії, електричної енергії та холодної води.

5) Виконано аналіз споживання енергетичних ресурсів та їх порівняння з нормативними показниками.

6) За допомогою приладів (далекоміра та термометра) було виміряно температуру всередині приміщень та геометричні розміри будівлі.

7) Виконано розрахунок опорів теплопередачі зовнішніх огорожуючих конструкцій, основних видів тепловтрат та теплонадходжень.

8) Виконано розрахунок теплової потужності будівлі, яка склала 288530,6 Вт (0,248 Гкал/год).

9) Для підвищення рівня енергоефективності будівлі пропонується запровадження енергозбережних заходів.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

2.1 Опис можливих енергозбережних заходів

2.1.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі

Теплові насоси є ефективним та екологічно чистим рішенням для опалення та кондиціонування повітря. Основний принцип їх роботи полягає в тому, що вони використовують енергію з навколишнього середовища (повітря, ґрунт, або вода) для передачі тепла в приміщення [13].

Основні переваги теплових насосів для опалення включають:

- 1) Енергоефективність:** Теплові насоси можуть видобувати більше енергії, ніж споживають. Таким чином, вони можуть забезпечити ефективне опалення при значно менших витратах електроенергії, порівняно з традиційними системами опалення.
- 2) Екологічна чистота:** Теплові насоси використовують відновлювальні джерела енергії, такі як повітря чи ґрунт, тому вони менше шкодять навколишньому середовищу порівняно з системами на основі природного газу чи інших викопних палив.
- 3) Можливість охолодження влітку:** Деякі теплові насоси можуть використовуватися для охолодження приміщення влітку, що дозволяє створити комфортні умови в будинку протягом всього року.
- 4) Економія на газифікації:** Теплові насоси можуть замінити традиційні системи опалення, що використовують газ або інші види палива, що може призвести до економії на витратах на газифікацію.
- 5) Підвищення вартості будинку:** Встановлення енергоефективної системи опалення, такої як тепловий насос, може підняти вартість вашого будинку, оскільки покупці все більше цінують екологічно чисті та енергоефективні технології.

Важливо враховувати, що ефективність теплового насоса може залежати від регіону та кліматичних умов, тому слід вивчити конкретні характеристики та вимоги для вашого регіону перед вибором системи.

Наведу опис роботи теплового насоса.

Тепловий насос використовує теплову енергію, яка вже існує в природі, і переносить її з одного місця в інше за допомогою компресора і холодоагента. Основний принцип дії теплового насоса полягає в тому, що він забирає тепло з низькотемпературного середовища (наприклад, повітря, ґрунт чи вода) і підвищує його температуру за допомогою компресії. Після цього отримане тепло подається до системи опалення або гарячого водопостачання.

Важливою перевагою теплових насосів є те, що вони можуть працювати при різних температурах і в різних умовах, використовуючи теплову енергію навколишнього середовища. Це робить їх досить ефективними та екологічно чистими системами опалення порівняно з традиційними методами, такими як газові котли чи електричні обігрівачі.

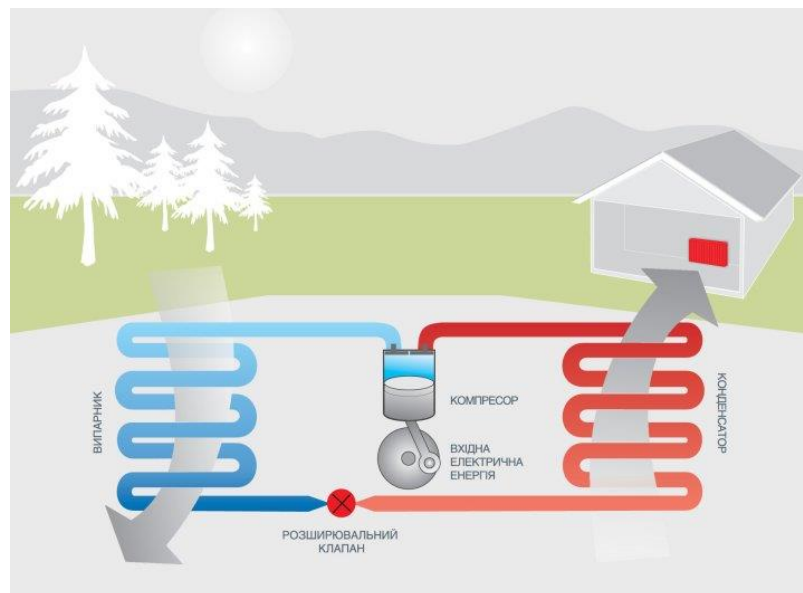


Рисунок 2.1- Тепловий насос [14]

Також важливо відзначити, що теплові насоси можуть працювати в режимі охолодження влітку, видаляючи тепло з будівлі і випускаючи його на зовнішню сторону, що забезпечує кліматичний комфорт в приміщенні.

Основні особливості двох основних типів теплових насосів: геотермальних та повітряних.

Геотермальні теплові насоси:

Джерело тепла: Тепло береться з ґрунту або підземних вод.

Ефективність: Вони мають високий коефіцієнт ефективності (COP), оскільки температура ґрунту або підземних вод є стабільною протягом року.

Популярність: Геотермальні теплові насоси досить популярні через свій стабільний і високий рівень ефективності.

Повітряні теплові насоси:

Джерело тепла: Тепло вилучається з повітря, зазвичай за схемою "повітря-вода".

Ефективність: Їх ефективність може залежати від зовнішньої температури, і вони можуть бути менш ефективними в екстремально холодних умовах.

Вартість: Повітряні теплові насоси, як правило, менш вартісні в установці порівняно з геотермальними.

Обидва типи теплових насосів є ефективними рішеннями для опалення та охолодження, і їх вибір може залежати від конкретних умов і вимог. Геотермальні можуть бути більш дорогими в установці, але зазвичай мають стабільну та високу ефективність. Повітряні можуть бути менш вартісними, але їх ефективність може коливатися в залежності від кліматичних умов.

2.1.2 Встановлення сонячних панелей на даху будинку

Справжній напрямок впровадження сонячних електростанцій в умовах постійних відключень електроенергії через війну з росією є чудовим рішенням [15]. Ось деякі переваги та фактори, які роблять сонячні електростанції привабливими для децентралізованого виробництва енергії:

Незалежність від централізованих станцій: Сонячні електростанції дозволяють виробляти електроенергію на місці споживання, уникнувши потреби в електропостачанні від централізованих станцій [15].

Стійкість до відключень: Оскільки сонце є найдоступнішим джерелом енергії, сонячні панелі можуть генерувати електроенергію навіть при обмеженому доступі до інших джерел енергії.

Енергонезалежність: Встановлення сонячних електростанцій надає можливість людям бути енергонезалежними та забезпечити себе електроенергією, навіть в умовах конфлікту.

Екологічна чистота: Сонячні електростанції працюють на основі відновлювального джерела енергії, тому вони екологічно чисті та сприяють зменшенню викидів парникових газів.

Легкість у встановленні: Малі сонячні електростанції можуть бути легко встановлені на покрівлях будинків, гаражів або інших доступних площах, що робить їх досить доступними та простими у використанні.

Економічна вигода: Відсутність витрат на паливо або інші ресурси для генерації електроенергії може знизити експлуатаційні витрати та зробити сонячні електростанції економічно вигідними в довгостроковій перспективі.

У контексті надзвичайних обставин та війни з росією, використання сонячних електростанцій може забезпечити стабільність в енергопостачанні та полегшити життя людей.

Сонячні панелі, встановлені на даху або стінах будівлі, можуть бути підключені до розподільчого щита і забезпечувати електроенергією лише під'їзд або всю будівлю. Однак у різних випадках можуть бути специфічні особливості, які повинні бути досліджені та враховані інженером-електриком або фахівцем монтажної компанії [15].



Рисунок 2.2 – Принцип встановлення сонячних панелей на даху будівлі [15]

Встановлення сонячної енергосистеми (СЕС) у багатоповерховому будинку виглядає досить повноцінно. Однак, для докладної інструкції та успішної реалізації проекту, слід розглянути кілька додаткових аспектів:

Легальні та регуляторні вимоги:

Переконайтеся, що ваш проект відповідає всім локальним будівельним кодексам, нормативам та регуляціям щодо встановлення сонячних систем.

Фінансовий план та підтримка:

Розгляньте питання фінансування проекту. Можливо, існують програми чи субсидії, які можуть допомогти вам зменшити витрати на встановлення сонячної системи.

Зв'язок з електромережею:

Якщо ви плануєте підключення до електромережі, переконайтеся, що ви врахували всі необхідні деталі щодо тарифів та умов підключення.

Безпека та страхування:

Розгляньте аспекти безпеки під час встановлення та експлуатації сонячної системи. Також переконайтеся, що ваша власність адекватно застрахована.

Енергетична аудит:

Перед розробкою проектної документації може бути корисно провести енергетичний аудит, щоб з'ясувати всі можливості збереження енергії та оптимізації енергоспоживання.

Довгострокове управління та обслуговування:

Передбачте план довгострокового управління та обслуговування сонячної системи, включаючи регулярну перевірку та технічне обслуговування.

Ефективність системи:

Переконайтеся, що проект враховує можливі зміни у виробництві електроенергії в залежності від сезону, погодних умов та інших факторів.

Контроль якості:

Розгляньте механізми контролю якості під час встановлення та експлуатації, щоб гарантувати ефективність та довговічність системи.

Документація та гарантії:

Переконайтеся, що у вас є повна документація проекту та всі необхідні гарантії на обладнання.

Співпраця з мешканцями:

Якщо це можливо, сповістіть мешканців будинку про ваші плани та вислухайте їхні сподівання та концерни.

2.1.3 Буріння свердловини для забезпечення будинку холодною водою

Вирішення проблеми низької якості центрального водопостачання та постійного зростання плати за комунальні послуги шляхом організації альтернативного водопостачання через буріння артезіанської свердловини може бути ефективним кроком. Проте, перед тим як приймати таке рішення, важливо врахувати кілька ключових аспектів:

Технічна можливість та дозвільні процедури:

Перш за все, необхідно вивчити технічну можливість буріння артезіанської свердловини в конкретному районі та будинку.

Отримання всіх необхідних дозвільних документів від владних органів.

Вартість та фінансова підготовка:

Розрахуйте вартість проведення робіт з буріння свердловини, облаштування системи і обслуговування.

Проведіть аналіз вартості порівняно з оплатою за центральне водопостачання.

Обслуговування та управління:

Визначте, як буде забезпечено обслуговування та технічна підтримка альтернативної системи.

Розгляньте можливість створення спільної організації власників для управління системою.

Комунікація та підтримка спільноти:

Проведіть консультації з мешканцями будинку та отримайте їх підтримку.

Забезпечте ефективну комунікацію щодо всіх аспектів проекту.

Аналіз ризиків:

Оцініть можливі ризики та проблеми, пов'язані з альтернативним водопостачанням.

Розробіть план дій для реагування на можливі проблеми.

Правові аспекти:

Вивчіть всі правові аспекти, пов'язані з використанням альтернативного водопостачання.

Після аналізу цих аспектів і при врахуванні підтримки спільноти, ви зможете зробити обґрунтоване рішення щодо впровадження альтернативного водопостачання для багатоповерхового будинку.

Оформлення договору з виконавцем є важливим етапом при проведенні бурильних робіт, особливо, якщо будинок перебуває у комунальній власності. Створення об'єднання співвласників багатоквартирного будинку (ОСББ) є гарним способом організації взаємодії мешканців та прийняття рішень.

Нижче наведено кілька порад щодо організації та вибору бурової компанії:

Створення ОСББ:

Зібрати зацікавлених мешканців для організації ОСББ.

Провести загальні збори для обрання органів управління та затвердження статуту ОСББ.

Вибір бурової компанії:

Проведення ринкового дослідження: З'ясуйте, які бурові компанії доступні в вашому регіоні та яка їхня репутація.

Ліцензії та дозволи: Переконайтеся, що обрана компанія має всі необхідні ліцензії та дозволи для проведення буріння.

Досвід: Важливо враховувати досвід компанії в бурінні артезіанських свердловин.

Рецензії та рекомендації: Звертайтеся до відгуків клієнтів і запитуйте компанію про референції.

Укладення договору:

Юридичний аналіз: Перед підписанням договору ретельно перегляньте всі юридичні умови та зобов'язання.

Вартість та терміни: Уточніть обсяг робіт, вартість, терміни виконання та інші важливі аспекти.

Проведення підготовчих робіт:

Технічне завдання: Розробіть технічне завдання для буріння, визначте потрібну глибину свердловини та інші параметри.

Дозволи та згоди: Переконайтеся, що всі необхідні дозволи та згоди отримані від відповідних органів.

Обираючи професіоналів і дотримуючись правових норм, ви максимізуєте шанси на успішне буріння артезіанської свердловини без проблем.

отримання дозволу на буріння артезіанської свердловини та затвердження проекту є ключовими етапами при реалізації проекту автономного водопостачання в межах міста. Це необхідно для забезпечення додержання вимог законодавства, а також для координації з місцевими органами та іншими службами.

Основні етапи, які включають в себе отримання дозволу та затвердження проекту, можуть виглядати наступним чином:

Проектування свердловини:

Розробка технічних креслень і документації для свердловини.

Врахування всіх вимог щодо безпеки та екології.

Підготовка документів:

Підготовка всіх необхідних документів для отримання дозволу.

Включення інформації про свердловину в проектну документацію.

Отримання дозволу на буріння:

Подання заяви та проектної документації до відповідних державних органів.

Очікування рішення та отримання дозволу на проведення буріння.

Проведення бурильних робіт:

Здійснення робіт відповідно до отриманого дозволу та проекту.

Облаштування свердловини та монтаж обладнання:

Встановлення насосів, фільтрів та іншого обладнання в свердловині.

Монтаж водопостачання:

Підключення до системи водопостачання та розподіл води по потребуючих точках.

Облаштування санітарно-охоронної зони:

Виконання заходів для забезпечення безпеки та охорони здоров'я в районі свердловини.

Затвердження у відповідних державних органах:

Подання необхідних документів та інформації для затвердження проекту після завершення робіт.

2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів

2.2.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі

Теплові насоси, які забезпечують необхідну роботу системи опалення, повинні мати достатній робочий діапазон і потужність, щоб система споживала як мінімальну, так і максимальну теплову енергію.

Метою проекту є відмова від використання централізованої системи опалення для потреб опалення будівлі.

Методику розрахунку теплового насоса наведено в [17].

Розрахунок теплового насоса для системи опалення будівлі виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [12].

Опалювальна площа будівлі : $F_{оп} = 4117,7 \text{ м}^2$.

1) Знаходимо потужність насоса, що необхідна для потреб опалення, з урахуванням годин його роботи [17]:

$$P_{ми} = \frac{Q \cdot 24}{(20 + 2)}, \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

2) Необхідний об'єм бака-акумулятора:

$$V_{бак} = \frac{P_{ТН} \cdot 3600}{\rho \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2)}, \text{ л.} \quad (2.2)$$

3) Розрахунок необхідної довжини труб для вертикального теплового насоса знайдемо за формулою [17]:

$$L_c = \frac{10^3 \cdot P_{ТН}}{q_c} \left(\frac{\varphi - 1}{\varphi} \right) \text{ м} \quad (2.3)$$

Де $P_{ТН}$ – потужність насоса.

q_c – питомий тепловий потік. Приймаємо 50 Вт/м (середнє значення для вертикальних колекторів) [17].

φ - коефіцієнт перетворення ТН [17].

4) Місце для розміщення – територія біля будівлі.

Виконаємо розрахунки теплового насоса..

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку

Найменування параметра	Одиниця розмірності	Значення
Теплова потужність системи опалення	Вт	288530,6
Опалювальна площа будівлі	м ²	4117,7
Час роботи теплового насоса	год	24
Температура повітря	С	20
Температура ґрунта	С	-5
Густина води	кг/м ³	998
Питома теплоємність води	кг/К	4200
Початкова температура теплоносія на вході в бак	С	35
Кінцева температура теплоносія на виході з бака	С	0
Питомий тепловий потік	Вт/м	50
Коефіцієнт перетворення теплового насосу		5,01
Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій	Євро	35000
Курс євро на момент розрахунку		38
Кількість споживання теплової енергії будівлею за опалювальний період	Гкал	203
Ціна за 1 Гкал	грн	2630,57

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку

Найменування параметра	Одиниця розмірності	Розрахункове значення
Потужність насоса	Вт	276989,376
Об'єм бака-акумулятора	л	6797,007304
Необхідна довжина труб	м	4434,041508
Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій	грн	950000

Продовження таблиці 2.2

Монтаж теплового насосу	грн	285000
Загальна вартість теплового насосу	грн	3705000
Споживання теплової енергії за опалувальний період в грошову еквіваленті	грн	534005,71
Простий термін окупності	рік	6,9

Після проведення розрахунків був вибраний тепловий насос типу NIBE (рис.2.3) [18] .



Рисунок 2.3 – Тепловий насос NIBE [18]

NIBE 1345 – це найпотужніший тепловий насос ґрунт-вода або вода-вода з лінійки двохкомпресорних з одним фреоновим контуром [18]. Принципова схема розміщення теплового насоса зображена на рисунку 3.2 [19]. Для забезпечення тепловою енергією будівлі необхідно встановити три насоси.



Рисунок 2.4 – Принципова схема розміщення теплового насосу [19]

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [14].

Цей проект спрямований на відмову від централізованої системи опалення шляхом встановлення теплового насосу.

На основі проведених розрахунків робимо фінансовий аналіз встановлення теплового насосу.

Капітальні витрати на впровадження заходу будуть складати $K = 3705000$ грн.

Після встановлення теплового насосу економія у грошовому еквіваленті становитиме 534005,71 грн/рік.

Визначимо економічну ефективність впровадження енергоощадного заходу дисконтним методом [20].

Чистий дисконтований дохід NPV розраховуємо відповідно до формули:

$$NPV = \sum_{t=t_0}^T \frac{P_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (2.4)$$

де P_t – чистий грошовий потік (грошові надходження) у році t ;

I_0 – одномоментні інвестиційні витрати на реалізацію інвестиційного проекту;

r – дисконтна ставка, що використовується для приведення доходів та інвестиційних витрат до єдиного моменту часу (виражається у частках одиниць);

t_n – момент отримання першого доходу;

T – термін реалізації (життєвий цикл) інвестиційного проекту, років.

Для подальшого аналізу складемо таблицю 2.3. Ставку дисконту візьмемо на рівні 10 % (0,1).

Таблиця 2.3 - Оцінка NPV

Рік	Інвестиції I (капітальні витрати), грн	Вигоди D (дохід), грн	чистий грошовий потік, P_t , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведен а дисконтна вартість, грн.	NPV, грн
0	-3050000	-3050000		1		
1	0	534005,71	-2515994,29	0,909	485460	-2564540
2	0	534005,71	-1981988,58	0,826	441327	-2123213
3	0	534005,71	-1447982,87	0,751	401206	-1722007
4	0	534005,71	-913977,16	0,683	364733	-1357274
5	0	534005,71	-379971,45	0,621	331576	-1025698
6	0	534005,71	154034,26	0,564	301432	-724266
7	0	534005,71	688039,97	0,513	274029	-450237
8	0	534005,71	1222045,68	0,467	249118	-201119
9	0	534005,71	1756051,39	0,424	226471	25352
10	0	534005,71	2290057,1	0,386	205882	231234
11	0	534005,71	2824062,81	0,350	187166	418400
12	0	534005,71	3358068,52	0,319	170151	588550
13	0	534005,71	3892074,23	0,290	154682	743233
14	0	534005,71	4426079,94	0,263	140620	883853
15	0	534005,71	4960085,65	0,239	127837	1011690
16	0	534005,71	5494091,36	0,218	116215	1127905
17	0	534005,71	6028097,07	0,198	105650	1233555
18	0	534005,71	6562102,78	0,180	96046	1329601
19	0	534005,71	7096108,49	0,164	87314	1416915
20	0	534005,71	7630114,2	0,149	79377	1496292

Продовження таблиці 2.3

21	0	534005,71	8164119,91	0,135	72160	1568452
22	0	534005,71	8698125,62	0,123	65600	1634053
23	0	534005,71	9232131,33	0,112	59637	1693689
24	0	534005,71	9766137,04	0,102	54215	1747905
25	0	534005,71	10300142,5	0,092	49287	1797191
	IRR	17%			4847191	

$$NPV = 4847191 - 3050000 = 1797191 \text{ грн}$$

Результат розрахунку NPV є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту. У даному випадку $NPV > 0$, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим). З великою вірогідністю проект може бути реалізовано. Також із таблиці 2.3 бачимо, що в абсолютних величинах проект окупається за 5 років, а з урахуванням дисконтної ставки – за 8 років. Чистий дохід проекту становить 4847191 грн. Чистий дисконтований дохід дорівнює 1797191 грн.

Індекс дохідності PI розраховуємо :

$$PI = \frac{4847191}{1797191} = 2,7$$

Оскільки $PI > 1$, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим). Із великою вірогідністю проект може бути реалізовано.

Розрахунок IRR у програмі Microsoft Excel проводиться у такій послідовності (табл. 2.4) [20].

1. У клітинку A1 заносимо величину інвестицій.
2. У клітинки A2 – A25 заносимо розмір чистого грошового потоку у кожному році за весь життєвий цикл проекту.
3. У клітинку A25 заносимо формулу = $IRR(Q8 : Q48)$.
4. Отримуємо результат – 17 %.

Таблиця 2.4 – Оцінка *IRR* (фрагмент таблиці Microsoft Excel)

	Q
1	2
2	-3050000
3	534005,71
4	534005,71
...	...
24	534005,71
25	534005,71
Формула	= IRR(Q8 : Q25)
Результат	17 %

$IRR > r$, тобто *IRR* перевищує мінімальну ціну інвестицій для даного проекту.

Проект можна прийняти до впровадження.

Дисконтований термін окупності розраховуємо:

$$PP = 8 + \frac{226471 - 211119}{25352} = 8,6 \text{ року}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	3050000
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		

3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	534005,71
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	1797191
3.3	Індекс дохідності	2,7
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	17
3.5	Дисконтований термін окупності, років	8,6

Цей енергоощадний захід є ефективним, оскільки $NPV > 0$. Отже, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим).

2.2.2 Встановлення сонячних панелей на даху будинку для підігріву холодної води на кухні

Методика розрахунку наведена в [21]

Сонячні колектори використовують сонячну енергію для нагріву теплоносія чи води. Основна ідея полягає в тому, щоб поглибити сонячне випромінювання та конвертувати його в теплову енергію.

Основні елементи сонячного колектора включають:

Сонячний абсорбер: Це плоска або трубчаста поверхня, яка поглинає сонячне випромінювання. Зазвичай це виготовлено з матеріалів з високим поглинанням світла, наприклад, чорного металу чи спеціальних сонячних покриттів.

Теплоносій: Речовина, яка циркулює через абсорбер і поглибає тепло. Це може бути гідравлічна рідина або просто вода.

Теплообмінник: Відповідає за передачу тепла з теплоносія до води, яка використовується для гарячого водопостачання.

Трубопровід і насоси: Забезпечують циркуляцію теплоносія через сонячний колектор та систему води.

Накопичувальний бойлер: Контейнер для зберігання гарячої води, яку можна використовувати за потреби.

Спеціальна легко закипаюча рідина в мідних трубках використовується для підвищення ефективності передачі тепла від сонячного абсорбера до теплообмінника. Коли рідина нагрівається, вона переходить у газоподібний стан і циркулює до теплообмінника, де передає своє тепло воді.

Така сонячна система може значно зменшити залежність від традиційних джерел енергії та допомагає зменшити викиди парникових газів.

Пропонується встановити сонячний комплект «SANLARIX» [22].

Середнє споживання гарячої води для побутових проблем складає в середньому 2 м³/добу.

Температура вихідної води для нагрівання – +10⁰С.

Температура гарячої води – 50⁰С.

Для нагрівання 1 л води необхідно затратити 4,19 кДж.

Визначимо кількість енергії для забезпечення побутових потреб у гарячій воді для будівлі:

$$Q = 2000 \cdot (50 - 10) \cdot 4,19 = 335200 \text{кДж} = 93,2 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{добу} = 34012,7 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{рік},$$

Річна економія складе:

$$\Delta E = 34012,7 \cdot 6,2 = 210879 \text{грн} / \text{рік}$$

Витрати на встановлення сонячного колектора складають $K = 614384$ грн [22].

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{614384}{210879} = 2,9 \text{ роки}.$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу за методикою [20].

Розрахунки проведемо згідно формул пункту 2.2.1. Результати занесемо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Очікувані економічні показники від реалізації енергоощадного заходу

№ пор.	Перелік показників	Значення
1	2	3
1	Капітальні вкладення, грн	614384
2	Річні експлуатаційні витрати, грн	–
3. Техніко-економічні показники		
3.1	Загальна вартість продукції, що виробляється (річна економія), грн	210879
3.2	Чистий дисконтований дохід, грн	1299773
3.3	Індекс дохідності	1,6
3.4	Внутрішня норма дохідності, %	34
3.5	Дисконтований термін окупності, років	4,2

2.2.3 Розрахунок буріння свердловини для холодної води

З метою забезпечення мешканців гуртожитку власною холодною водою пропонується виконати буріння свердловини. Даний захід дозволить забезпечити мешканців якісним водопостачанням та відмовитись від послуг централізованого водопостачання.

Капітальні витрати наведені в таблиці 2.7 згідно [23].

Таблиця 2.7 – Капітальні витрати на впровадження даного заходу [23]

ПОСЛУГА	ТЕРМІН	ЦІНА
Розробка проекту артезіанської свердловини	30 днів	48000 грн
Розробка проекту тампонажу артезіанської свердловини	30 днів	36000 грн
Розробка проекту ЗСО	30 днів	36000 грн
Розробка паспорта на свердловину	10 днів	4000 грн
Отримання дозволу на спеціальне водокористування	90 днів	30000 грн
Облаштування скважини насосом Pedrollo (Труба PE100 д-р:32мм; Гідроаккумулятор "Aquasystem" 80л; Термомуфта "GPS-1"; Антивібраційний шланг "Parigi"; Манометр "Ceval" 0-10атм; Реле тиску "PM-5 Italtechnika"; Муфта "Unidelta"; Цемент м 500; Канат нержавіючий; Затискачі до тросу; Зворотній клапан "Еурога"; Оголів'я свердловини 133/32; Люк садовий; Кульковий кран "Bugatti"; Стрічка пакувальна "Loctait"), трубопроводи	2-3 дні	150000 грн
Загальні витрати		304000 грн

Річна економія складе (при відмові від централізованого холодного водопостачання, водовідведення залишається):

$$\Delta E = 46669 \cdot 15,98 = 745770,6 \text{ грн / рік}$$

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{304000}{745770,6} = 0,4 \text{ року.}$$

2.3 Висновки за розділом

В даному розділі виконано опис основних енергозберіжних заходів та виконано їхній розрахунковий аналіз.

Сума капітальних вкладів значна, але поступове впровадження даних заходів дозволить виконати альтернативне енергозабезпечення будівлі.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження

Вплив небезпечних і шкідливих факторів на енергоменеджера може бути значний і вимагає вжиття відповідних заходів для забезпечення безпеки та здоров'я працівника. Давайте розглянемо деякі аспекти, на які слід звертати увагу:

1) Мікроклімат: Важливо забезпечити комфортні параметри температури та вологості на робочому місці.

2) Освітлення: Достатнє освітлення важливе для уникнення напруження зору та інших проблем зі здоров'ям.

3) Шум та вібрація: Заходи повинні бути вжиті для зменшення рівня шуму та вібрації, щоб уникнути негативного впливу на слух та здоров'я.

4) Електробезпека: Застосування заходів безпеки для уникнення ураження електричним струмом.

5) Нервово-психічні перевантаження: Можуть виникати через стрес, перевантаження роботою та інші психологічні чинники. Забезпечення адекватного відпочинку та психологічної підтримки може бути корисним.

6) Електробезпека: Захист від ураження електричним струмом включає в себе правильне використання електрообладнання та регулярну перевірку на відповідність стандартам безпеки.

7) Пожежна та вибухова безпека: Застосування відповідних заходів для запобігання пожежам та вибухам, такі як відповідна обробка матеріалів та дотримання норм безпеки.

8) Освітлення: Забезпечення достатнього рівня освітленості на робочому місці для уникнення напруження зору та інших проблем.

Врахування цих аспектів допоможе створити безпечне та комфортне робоче середовище для енергоменеджера, знижуючи ризик виникнення травм та інших негативних впливів на здоров'я.

Електрична безпека на об'єкті енергетичного обстеження пов'язана з використанням електроприладів та джерел живлення. Цей об'єкт належить до безпечних приміщень. Однак електрична енергія, що використовується, становить небезпеку для життя енергоменеджерів. Для забезпечення безпеки при використанні електроприладів передбачені автоматичні вимикачі, що дозволяють уникнути короткого замикання. Використовуються розетки із захисним заземленням. Система електропостачання прокладена в стінах будівлі.

Механічні небезпеки можуть бути спричинені падінням важких предметів, таких як холодильники, телевізори, світильники та кухонні прилади. Для забезпечення безпеки дотримуйтесь рекомендацій щодо встановлення та експлуатації цих приладів.

Термічні фактори характеризуються тепловою енергією або аномальними температурами і включають температуру предметів або поверхонь, які нагріваються або охолоджуються, а також температуру відкритого вогню та відкритих вогнищ. Дослідження показали, що опалювальні прилади і трубопроводи, а також газові плити на кухнях становлять термічну небезпеку. Деякі нагрівальні поверхні можуть досягати температури до 100°C, що може призвести до опіків. Щоб захистити себе від термічної небезпеки, необхідно дотримуватися інструкцій з безпеки.

Для забезпечення комфортних умов роботи енергоменеджерів негативні фактори мають бути ізольовані та усунені, наскільки це можливо. Наприклад, шум від сучасних пральних машин та холодильників не є негативним фактором.

Щоб зменшити коефіцієнт іонної емісії, використовують більш сучасне обладнання з низькими параметрами емісії та розміщують його подалі від місць відпочинку мешканців. Це стосується комп'ютерів і мобільних телефонів.

Параметри освітлення для приміщення встановлювались згідно ДБН В.2.5-28:2018 [24]. Для даної будівлі при комбінованій системі освітлення, рівень освітленості буде варіюватись від 150ЛК до 300 ЛК.

Даний будинок та його прибудинкові приміщення відноситься до категорії Д вибухопожежонебезпеки а конструктивні характеристики до 9 ступеня

вогнестійкості. Вибухопожежонебезпека є одним з найнебезпечніших факторів, тому для цього було приділено найбільше уваги. Організаційні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки на об'єкті встановлені згідно з НАПБ а 01.001-2015 [25].

3.2 Техніка безпеки при вимірюванні на об'єкті енергетичного обстеження

Електробезпека:

Необхідно перевірити відповідність електроінсталяційних матеріалів інструкціям та нормам.

Необхідно використання і перевірка електрозахисного обладнання (розеток, вилок, роз'ємів).

Безпека на висоті:

Необхідно використовувати захисне обладнання для робіт на висоті (пояси безпеки, страхувальні мережі).

Необхідно переконатися в надійності риштувань і драбин.

Освітлення:

Необхідно забезпечити освітлення робочого місця та використовувати переносні світильники при необхідності.

Знаки безпеки:

Необхідно розмістити на видних місцях знаки безпеки, щоб попередити про небезпеки та надавати вказівки щодо заходів безпеки.

Заходи в екстремальних умовах:

Перед початком робіт в екстремальних погодних умовах (наприклад, сильний вітер, дощ, спека) оцініть ризики та прийміть додаткові заходи безпеки.

Підготовка до надзвичайних ситуацій:

Необхідно визначити місця та процедури евакуації, а також забезпечте наявність засобів першої допомоги.

ВИСНОВКИ

Об'єктом енергетичного обстеження була будівля гуртожитку ДПТНЗ «Сумське вище професійне училище будівництва та дизайну».

Адреса будівлі: м. Суми, вул. Охтирська, 31.

У розділі «ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ» було наведено інформацію про технічний стан будівлі та її основні характеристики. Виконано опис технічного стану основних огорожуючих конструкцій будівлі, систем енергопостачання та холодної води.

Виконано виміри геометричних розмірів будівлі за допомогою далекоміра.

Зібрано та виконано аналіз щодо рівня споживання теплової енергії, електричної енергії та холодної води.

Виконано опис вузлів обліку енергетичних ресурсів та результати інструментального обстеження.

Наведено положення методики розрахункового аналізу системи енергопостачання та представлення результатів розрахунку основних видів тепловтрат та теплонадходжень.

Виконано розрахунок теплової потужності будівлі, яка склала 288530,6 Вт.

У розділі «РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ» виконано фінансовий аналіз запропонованих енергозбережних заходів:

1) Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 3705000 грн; економія в грошовому еквіваленті –534005,7 грн; термін окупності заходу – 6,9 років, дисконтований термін окупності – 8,6 роки).

2) Встановлення сонячних панелей на даху будинку для підігріву холодної води для кухні (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 614384 грн; економія в грошовому еквіваленті – 210879 грн; термін окупності заходу – 2,9 років, дисконтований термін окупності – 4,2 роки).

3) Буріння свердловини на воду (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 304000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 745770,6 грн; термін окупності заходу – 0,4 року).

У розділі «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯ» розглядалося питання «Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Конспект лекцій «Ресурсо-зберігаючі технології на транспорті» [електронний ресурс] Режим посилання: <http://kk.nau.edu.ua/article/2987>
2. Енергетичний аудит будівлі [електронний ресурс] Режим посилання: <https://servtech.com.ua/services/audit.html>
3. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://gazovod.com.ua/ua/teplopstachannya/pollutherm-2-x-wpd-fs-50-15>
4. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://001.com.ua/uk/lichylnyk-elektroenergiyi-nik-2102-01-e2tr1-odnofaznyu-5-60-a-220-v-bagatotaryfnyu-nik>
5. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://romstal.ua/uk/product/19748-schetchyk-dlja-vody-lk-15kh-du-15-t-30s-lat-so-shtutseramy>
6. Далекомір [електронний ресурс] Режим посилання: https://tehnoshok.com.ua/lazernyi-dalekomir-bosch-glm-40-0601072900/?gclid=CjwKCAjw2K6lBhBXEiwA5RjtCbCZej5qVVBuY7L-7dnLATRGilxL-mhNS41hE1tWpXGuXKNyTAF3IBoC5dcQAvD_BwE
7. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. 01.12.1999. Київ-150 с.
8. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – К. : Міністерство розвитку громад, 2022. – 23 с.
9. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://vodokanal.sumy.ua/poslugy-taryfy/vodopostachannya-ta-vodovidvedennya/>
10. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>
11. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення енергетичного обстеження» з дисципліни «Системи виробництва та розподілу

енергії» для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». - Суми: Сумський державний університет, 2014р

12. Текстовий редактор «Ексель» [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.office.com/launch/Excel?ui=ru-RU&rs=RU&auth=1>

13. Теплові насоси [електронний ресурс] Режим посилання: <https://termos.ua/uk/montazh-teplovih-nasosiv/>

14. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: <https://teplosolar.com.ua/2019/03/15/%D1%82%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D1%96-%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BE%D1%81%D0%B8/>

15. Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ecoaction.org.ua/paneli-ta-bahatopoverkhivka.html>

16. Буріння свердловини для води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.sova.net.ua/burinnya-sverdlovin-dlya-bagatopoverhivok/>

17. Курсова робота з дисципліни «Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії на тему «Проект енергоефективного будинку та систем його енергозабезпечення, розташованого в Сумській області».

18. Теплові насоси типу «Найб» [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ekonomteplo.com.ua/teplovi-nasosy/nibe/>

19. Принципова схема встановлення теплового насосу [електронний ресурс] Режим посилання: https://aqua-rmnt.com/otoplenie/alt_otoplenie/teplovoj-nasos-voda-voda.html

20. . Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів / укладачі: І.М.Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 48с.

21.

22. Мережева сонячна електростанція [електронний ресурс] Режим посилання: https://sanlarix.com.ua/merezheva-soniachna-elektrostantsiia-30-kvt/?gclid=Cj0KCQiAjMKqBhCgARIsAPDgWlye2YG-4hM0fRQ9DjUB4qOBmJmhzFkzQksq7XgDiN7whhxiTbdk02caAj1yEALw_wcB

23. Буріння свердловин [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://aquatoria.kiev.ua/uk/prais-lyst>

24. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення» К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2019 – 180 с.

25. ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні» [електронний ресурс] Режим посилання:
http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=60541

ДОДАТОК А

Акт меж розподілу за стан та обслуговування теплових мереж

"Затверджую"
Директор ДПТНЗ
Сумське вище професійне училище
будівництва та дизайну"
"_____ 2019р.

"Затверджую"
Заступник директора
з теплових мереж та котельнь
ТОВ "Сумитеплоенерго"
"_____ 2019р.

АКТ
меж розподілу відповідальності за стан та обслуговування
теплових мереж між:

ТОВ "Сумитеплоенерго" та Державного професійно-технічного навчального закладу
"Сумське вище професійне училище будівництва та дизайну" вул. Охтирська, 31

Межею розподілу теплових мереж являються теплові мережі, вказані на схемі
(згідно балансової належності)

Червоним кольором позначені тепломережі: ТОВ "Сумитеплоенерго"
Синім кольором позначені тепломережі: Державного професійно-технічного навчального закладу
"Сумське вище професійне училище будівництва та дизайну"

Головний інженер ЦТМіК ТОВ "Сумитеплоенерго" _____ Радько В.В.
Відповідальний за теплозабезпечення
ДПТНЗ "Сумське вище професійне училище
будівництва та дизайну" _____

ДОДАТОК Б

Схема теплового пункту

