

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: «Енергетичне обстеження будівлі ТОВ «Сумитеплоенерго» з визначенням базових показників енергоспоживання та можливості впровадження технології альтернативного енергозабезпечення»

Здобувача групи ЕМ.м-31 Березній Дмитро Анатолійович
(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)

Дмитро БЕРЕЗНІЙ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

к.т.н. Сергій САПОЖНИКОВ
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Суми – 2024

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____

« »

20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

здобувача

Березній Дмитро Анатолійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: Енергетичне обстеження будівлі ТОВ «Сумитеплоенерго» з визначенням базових показників енергоспоживання та можливості впровадження технології альтернативного енергозабезпечення

затверджена наказом по університету № _____ від « » _____ 2024 р

2 Термін здачі студентом закінченої роботи – до 08.12.2024 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 21.10 до 17.11.2024	
2	Захист переддипломної практики	до 20.11.2024	
3	Виконання 1-го розділу	до 17.11.2024	
4	Виконання 2-го розділу	до 27.11.2024	
5	Виконання 3-го розділу	до 05.12.2024	
6	Представлення виконаної роботи	до 08.12.2024	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 14.12.2024	
8	Проведення захисту роботи	з 16.12 до 20.12.2024	

5 Дата видачі завдання 21.10.2024 р

Керівник

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 62 сторінки, 12 рисунків, 17 таблиць, 1 додаток, 24 літературних джерела.

Метою роботи є розроблення заходів для альтернативного енергозабезпечення адміністративної будівлі ТОВ «Сумитеплоенерго» та розрахувати економічну доцільність їх запровадження.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі*:

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

Предметом дослідження в роботі є системи енергозабезпечення та енергоспоживання адміністративної будівлі ТОВ «Сумитеплоенерго».

Об'єкт дослідження: адміністративна будівля ТОВ «Сумитеплоенерго» та її системи енергозабезпечення.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЛІЧИЛЬНИК, ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, СОНЯЧНА ПАНЕЛЬ, ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНІСТЬ, ОСВІТЛЕННЯ.

Тема роботи – **Енергетичне обстеження будівлі ТОВ «Сумитеплоенерго» з визначенням базових показників енергоспоживання та можливості впровадження технології 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.....	23
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
1.9 Висновки за розділом.....	35
2. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	37
2.1 Опис можливих енергозберіжних заходів.....	37
2.1.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі.....	37
2.1.2 Встановлення сонячних панелей на даху будівлі.....	40
2.1.3 Буріння свердловини для забезпечення будівлі холодною водою.....	42
2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберіжних заходів	44
2.2.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі.....	44
2.2.2 Встановлення сонячних панелей на даху будівлі.....	48
2.2.3 Буріння свердловини для забезпечення будівлі холодною водою.....	51
2.3 Висновки за розділом.....	53
3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	54
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження.....	54
3.2 Основні заходи для зниження ризиків для працівників в досліджуваній будівлі.....	56
3.3 Розрахунок аварійного освітлення.....	56
ВИСНОВКИ.....	57

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59
ДОДАТОК А	62

ВСТУП

Енергоефективність – це використання меншої кількості енергії для досягнення того ж результату. Згідно з Директивою з енергоефективності ЄС, пакетом "Зеленого курсу" та планом REPowerEU, енергоефективність є фундаментальним принципом енергетичної політики та захистом від геополітичного шантажу [1].

До 2030 року країни ЄС зобов'язалися скоротити енергоспоживання на 11,7% (у порівнянні з 2020 роком). Щорічно вони звітуватимуть про досягнуті результати згідно із публічними Національними планами дій. Україна теж досягла прогресу в імплементації європейського законодавства у сфері енергоефективності. Принципи "Енергоефективність насамперед" і "Build-Back-Greener" задокументовані у Національному плані дій до 2030 року і в плані України. Вони стосуються не лише житлового і державного секторів, а й промисловості, транспорту, виробництва й транспортування енергії [1].

Завдяки комплексним заходам та впровадженню інноваційних енергоефективних рішень наша держава може заощадити 55 мільярдів євро та вирішити одне з найактуальніших питань, яке залишалося нерозв'язаним ще з 1991 року – здобуття повної енергонезалежності.

Ще до початку повномасштабної війни перед Україною стояли серйозні виклики, пов'язані з енергоефективністю. Особливо у промисловому секторі, ЖКГ та транспорті.

На круглому столі «Енергоефективна Україна: Шлях до енергетичної незалежності», організованому Impact Force, голова Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України Ганна Замазєєва озвучила приголомшливі дані: об'єм енергії, який використовувався для виробництва одиниці товарів і послуг в Україні (тобто енергоємність ВВП), у 2,5 рази перевищує аналогічний показник у Польщі і втричі – у Німеччині. Через низьку енергоефективність економіки щорічні втрати України сягали понад мільярд доларів США [2].

У 2022 році питання енергоефективності набуло нового, не тільки економічного значення. Підчас блекаутів ми дізналися справжню ціну кожного вату та кожної калорії. Енергоефективність стала для багатьох не просто модним словом, а й необхідністю та планом дій [2].

Тим паче, що відновлюючи зруйнований агресором енергосектор, ми маємо унікальну нагоду не просто відновити застарілу систему, яка була раніше, а зробити її кращою, більш інноваційною та зеленою [2].

Усі учасники круглого столу підкресливали важливість впровадження енергоефективних рішень і системних зусиль з боку усіх стейкхолдерів: і держави, і бізнесу, і споживачів – не тільки зараз, під час війни, а й після Перемоги, під час відновлення країни і майбутньої євроінтеграції [2].

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є адміністративна будівля ТОВ «Сумитеплоенерго».

Будівля знаходиться в м Суми за адресою вул. Лебединська, буд. 7.

Дана будівля складається з 4 поверхів.

Рік побудови - 1985 році.

Головний фасад будівлі зорієнтований на південь.

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 545 м².
- опалювальна площа будівлі 2020 м²;
- опалювальний об'єм будівлі 5475,8 м³;
- опалювальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами 6295 м³.

Кількість працівників, які знаходяться в будівлі на момент обстеження– 125 чоловік.

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Конструктивні елементи огорожувальних конструкцій адміністративної будівлі ТОВ «Сумитеплоенерго» наведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Конструктивні елементи огорожувальних будівлі

Найменування конструкції	Матеріал шару
Стіни	Кладка з цегли на цементно-піщаному розчині
	Цементно-піщана штукатурка
Дах	Залізобетонна плита
	Шар керамзиту
	Руберойд
Вікна	Металопластикові з двокамерним склопакетом
Двері	Металопластикові подвійні
Підлога	Залізобетонна плита
	Розчин цементно-піщаний
	Плитка

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

Дана будівля має централізовані системи опалення, електропостачання, водопостачання та водовідведення.

Гаряче водопостачання в будівлі відбувається від швидкісного водонагрівача, який встановлений в підвальному приміщенні.

1.3.1 Система теплопостачання

Будівля має централізовану систему опалення. Теплоносій подається від котельні, яка знаходиться за адресою вул. Герасима Кондратьєва, 120. Ввід теплової мережі виконаний металевими трубопроводами 2 Ø 76 мм .

Теплоносій – технічно підготовлена вода. Система опалення – однотрубна, вертикальна з верхнім розливом теплоносія.

Опалювальні прилади, які встановлені в будівлі це чавунні радіатори типу МС 140.

На подаючому та зворотньому трубопроводах системи опалення встановлені повірені манометри та термометри. Теплова ізоляція в місцях прокладання трубопроводів наявна (Додаток А).

Регулювання подачі теплоносія в внутрішню систему опалення відбувається в «ручному» режимі, шляхом відкривання/закривання ввідної запірної арматури.

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» на підставі Договору про постачання електричної енергії № 7863. Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-453, що знаходиться неподалік від адміністративної будівлі. Живлення будівлі здійснюється по кабельній лінії 3×120 мм з напругою 220 В. Недоліків в системі електропостачання виявлено не було.

1.3.3 Система водопостачання

Водопостачання будівлі здійснюється централізовано КП «Міськводоканал» СМР на підставі Договору № 756.

Вода до будинку подається по металевій трубі Ø 50 мм зі сторони вул. Лебединська. На момент обстеження тиск води на вході в будівлю склав $P_{XB}=0,3$ МПа. Водовідведення в будівлі – централізоване.

Трубопроводи холодної води по будівлі виконані з металопластику Ø 30 мм. В санвузлах встановлені сучасні змішувачі та змивні бачки. Витікань води не виявлено.

Основними споживачами води є працівники та відвідувачі будівлі. Недоліків в системі водопостачання виявлено не було.

1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування

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

1.3.5 Система обліку споживання енергетичних носіїв

Облік споживання теплової енергії здійснюється за допомогою теплового лічильника типу SENSUS «PolluTherm – X», (рис 1.3), термін повірки - 27 червня 2022 р.

Встановлений в тепловому пункті, на вводі до будівлі перед елеваторним вузлом.

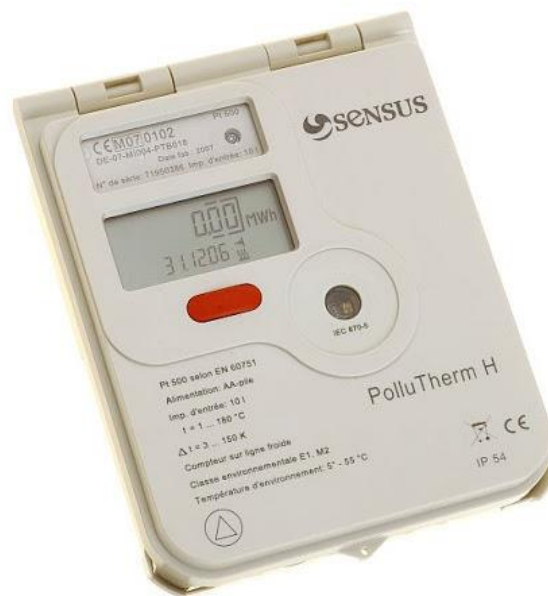


Рисунок 1.2 – Лічильник теплової енергії [3]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [3]

Назва параметру	Значення параметру
Клас точності	2
Живлення	Автономне
Довжина кабеля	2 м
Тип встановлення	Горизонтальний
Міжповірочний інтервал	4 роки
Маса	0,5 кг

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 24 липня 2023 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» [4]

Назва параметру	Значення параметру
Номинальна 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 типу «Грос» DN 25 (рис. 1.5), термін повірки – 18 вересня 2022 р. Встановлений в підвальному приміщенні на вводі до будівлі.



Рисунок 1.4 – Лічильник холодної води [6]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 - Технічні характеристики лічильника GROSS MNK-UA DN 25 [6]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальний тиск	1,6 МПа
Максимальна витрата	9 м ³ /год
Номінальна витрата	5 м ³ /год
Мінімальна витрата	0,3 м ³ /год
Тип встановлення	Горизонтальний

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 07.10.2024 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають (з ПДВ):

теплова енергія – 4101,43 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 мікрокліматичних параметрів є важливою частиною процесу управління будівлею для забезпечення оптимального комфорту та енергоефективності.

Температуру повітря в кімнатах було виміряно за допомогою кімнатного термометра. Діапазон вимірювання температур: -30 +50 °С. Розмір термометра: 160x20 мм. Вага -100 г.

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

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



Рисунок 1.5 – Далекомір типу «DniproM» [7]

1.5 Аналіз результатів вимірювання

Вимірювання проводилось 14.11.2024 р. Система опалення була включена. Температура зовнішнього повітря становила: 0°C.

Вимірювані параметри склали:

- 1) середня температура повітря по кімнатах будівлі склала $T_{\text{в}} = 20^{\circ}\text{C}$, що відповідає санітарним вимогам [7].
- 2) температура теплоносія в системі опалення $T_1 = 62^{\circ}\text{C}$; $T_2 = 45^{\circ}\text{C}$ (згідно показань лічильника теплової енергії).
- 3) відносна вологість повітря – 55%, 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. Покази передаються до енергопостачальних підприємств.

1.6.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії

Помісячне споживання теплової енергії за 2021-2024 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 2021 – 2024 роки, Гкал

Місяці	2021 рік, Гкал	2022 рік, Гкал	2023 рік, Гкал	2024 рік, Гкал
Січень	27,9	23,1	28,2	21,3
Лютий	23,5	20,2	24	20,2
Березень	12	14,2	11,5	12,1

Продовження таблиці 1.5

Квітень	18,8	1,8	17,2	16,4
Травень	7,7	2,4	9,5	10,6
Червень	7,9	2,1	8,9	9,0
Липень	6,8	2,0	7,2	8,0
Серпень	7,2	3,9	7,8	7,1
Вересень	7,7	8,1	5,1	6,3
Жовтень	7,6	6,2	6,9	6,8
Листопад	24,6	29,8	24,6	-
Грудень	33	32,1	39,1	-
Всього	184,7	145,9	190	-

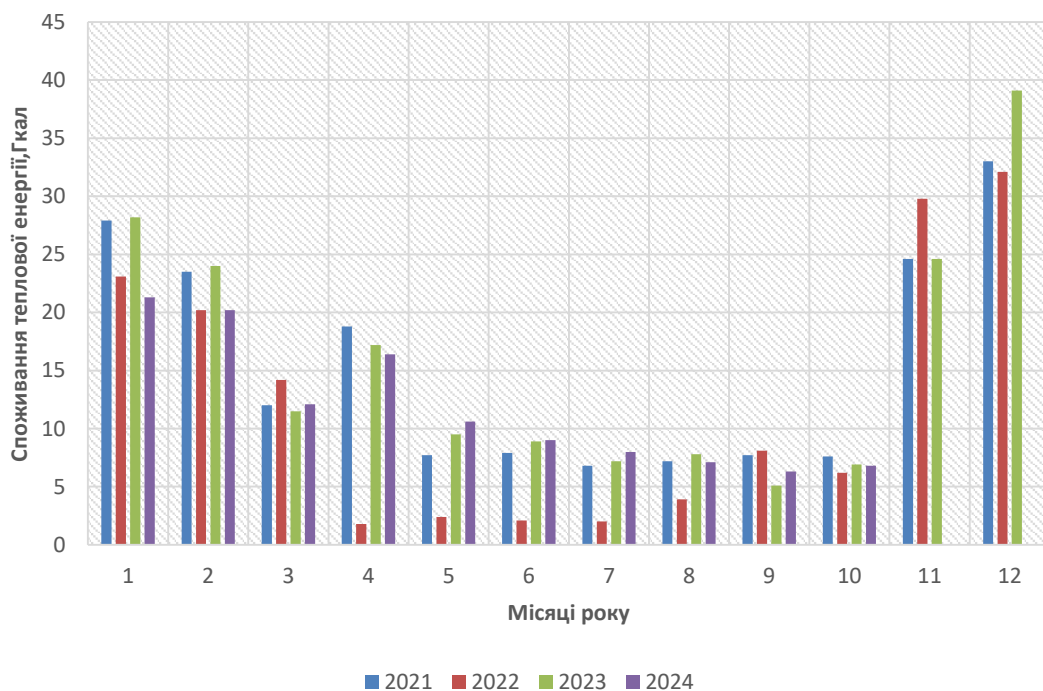


Рисунок 1.6 - Діаграма споживання теплової енергії за 2021-2024 роки

З діаграми видно, що максимум споживання теплової енергії на опалення приходить на зимові місяці. Нерівномірність теплоспоживання у відповідні періоди кожного року пов'язана з різною температурою навколишнього середовища.

Теплоспоживання в міжопалювальний період відбувається за рахунок приготування гарячої води в швидкісному водопідігрівачі.

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

1.6.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії

Помісячне споживання електричної енергії у 2021, 2022 та 2023 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 2021 – 2023 роки

Місяці	2021 рік, кВт·год	2022 рік, кВт·год	2023 рік, кВт·год
Січень	15230	15086	15165
Лютий	14258	12654	11478
Березень	13985	2569	12654
Квітень	14020	1954	11023
Травень	11256	6875	10456
Червень	9856	9541	9745
Липень	9755	9552	9123
Серпень	10256	11236	11234
Вересень	11789	12567	12365
Жовтень	12753	12745	12785
Листопад	13578	13954	12999
Грудень	15010	14632	14786
Всього	151746	123365	143813

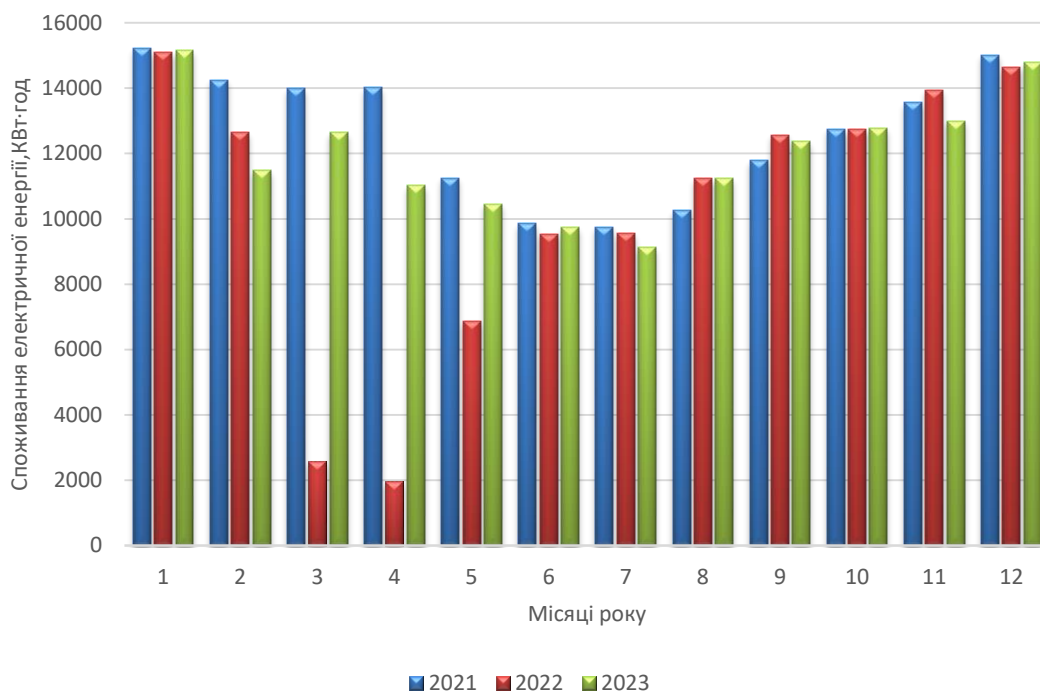


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання електричної енергії за 2021-2023 роки

З діаграми споживання електроенергії бачимо, що зростання рівня споживання електричної енергії відбувається в зимовий час. Це пояснюється більшим використанням освітлення та використанням кондиціонерів для опалення кабінетів. Найменше електричної енергії споживалося в 2022 році. Це пояснюється повномасштабним вторгненням росії в Україну. В цей час будівля була зачинена.

1.6.3 Аналіз обсягів споживання води

Помісячне споживання води у 2021, 2022 та 2023 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 2021-2023 роки

Місяці	2021 рік, м ³	2022 рік, м ³	2023 рік, м ³
Січень	85	82	84

Продовження таблиці 1.7

Лютий	67	59	63
Березень	69	7	68
Квітень	68	6	69
Травень	59	15	60
Червень	57	16	56
Липень	65	36	58
Серпень	77	49	55
Вересень	80	58	66
Жовтень	79	65	69
Листопад	79	68	66
Грудень	74	67	62
Всього	859	528	776

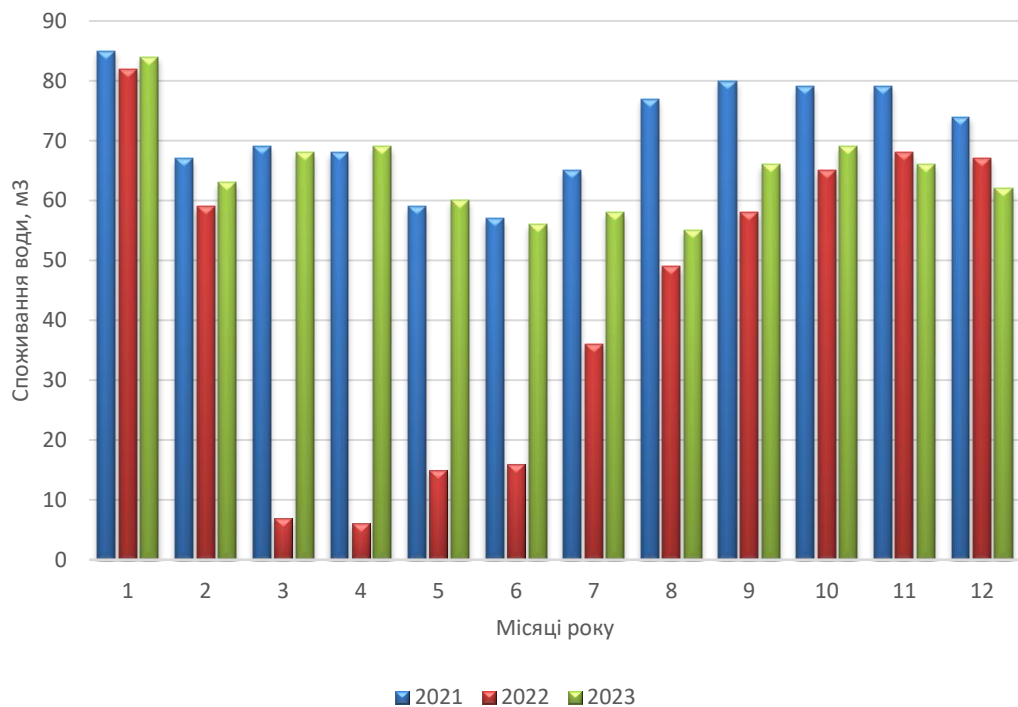


Рисунок 1.8 - Діаграма споживання води за 2021-2023 роки

Споживання протягом року майже не змінюється. Тенденції до незначного зменшення споживання води зменшуються в літні місяці. В цей період в будівлі

найменше людей, так як деякі працівники йдуть у відпустку. Найменше електричної енергії споживалося в 2022 році. Це пояснюється повномасштабним вторгненням росії в Україну. В цей час будівля була зачинена.

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 громадських будівель згідно [8]:

$$EP_p = [30] \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3} = 0,026 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}.$$

Згідно наданих закладом облікових даних, фактичні питомі тепловитрати на опалення будівлі за опалювальний рік становлять без врахування міжопалювального періоду):

- за 2021-2022 рік – $Q_{оп} = 128,6$ Гкал;
- за 2022-2023 рік – $Q_{оп} = 125,6$ Гкал;
- за 2023-2024 рік – $Q_{оп} = 134,9$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2020-2021 рік – $EP = 0,024$ Гкал/м²;
- за 2021-2022 рік – $EP = 0,023$ Гкал/м²;
- за 2022-2023 рік – $EP = 0,025$ Гкал/м².

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,024$ Гкал/м³.

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:

$$\Delta_{EP} = \left(\frac{0,024 - 0,026}{0,026} \right) \cdot 100\% = -8\%$$

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

За результатами порівняння фактичних і нормованих показників із споживання теплової енергії можна зробити наступний висновок, що 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 регулювання подачі теплового носія відбувається в ручному режимі, шляхом прикривання ввідної запірної арматури. Це призводить до нерівномірного надходження теплового носія до стояків та опалювальних приладів. В деяких кабінетах відбувається «недогрів» а в деяких навпаки «перегрів». Система опалення розбалансована. Відбувається додаткове використання джерел тепла у вигляді обігрівачів. Такий стан теплозабезпечення будівлі можна вважати незадовільним.

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 приміщень адміністративно-управлінських установ складає 115 кВт·год/м² корисної площі. Для обстежуваної адміністративної будівлі фактичне споживання електричної енергії складає:

Для будівлі фактичне споживання електричної енергії складає:

$$\text{- 2021 рік: } \frac{151746 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{5475,8} = 27,7 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2022 рік: } \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{1061,9} = 22,5 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2023 рік: } \frac{143813 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{5475,8} = 26,2 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2.$$

Як видно з розрахунків фактичне значення не перевищує нормоване, що є гарним 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 адміністративної будівлі на одного працівника становить – 12 л/добу на 1 працівника.

$$\text{- 2021 рік } \left(\frac{859000}{125} \right) / 365 = 18,8 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2022 рік } \left(\frac{528000}{125} \right) / 365 = 11,5 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2023 рік } \left(\frac{776000}{125} \right) / 365 = 17 \text{ л/добу}.$$

Порівняння норми витрат води і дійсних величин витрат показує, що реальні значення перевищують нормовані. Це є поганим 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 зовнішніх огороджувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огороджувальних конструкцій $R_{\Sigma пр}$, $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ повинний бути не менше за нормативних значень $R_{q \text{ min}}$, 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:

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

де $R_{\Sigma \text{ пр}}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

$R_{q \text{ min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Мінімально допустиме значення, $R_{q \text{ min}}$, 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, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [14];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

Приведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma \text{ пр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.2) розраховується за формулою:

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

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]

$$\sum Q_{втр} = \sum Q_0 + \sum Q_d + \sum Q_{инф} + \sum Q_в, \text{ Вт} \quad (1.4)$$

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

$\sum Q_d$ – сумарні додаткові втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції, Вт;

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

$\sum Q_в$ – сумарні додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію, Вт.

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

$$Q_0 = \frac{F_{огр}}{R_{\Sigma пр}} \cdot (t_в - t_з) \cdot n, \text{ Вт} \quad (1.5)$$

де $F_{огр}$ – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції, м²;

$R_{\Sigma пр}$ – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ [11];

$t_e, t_{z.p}$ – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, $^\circ C$;

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

Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню

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

де $\sum Q_{cm}$ – сумарні втрати теплоти через зовнішні огороження (вертикальної конструкції), Вт;

$\sum Q_{стл}$ – сумарні втрати теплоти через стелю (покриття), Вт;

$\sum Q_{вкн}$ – сумарні втрати теплоти через світлові прорізи, Вт;

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

$\sum Q_{ндл}$ – 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

$$\sum Q_{op}^o = \sum Q_{cm} \cdot \beta_{op}, Вт \quad (1.7)$$

де $\sum Q_{cm}$ – 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

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

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

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції

$$\Sigma Q_o = \Sigma Q_{op}^o + \Sigma Q_s^o + \Sigma Q_{ndл}^o, \text{ Вт} \quad (1.9)$$

де: ΣQ_{op}^o – сумарні додаткові тепловтрати через зовнішні огороження на орієнтацію, Вт;

ΣQ_s^o – сумарні тепловтрати по висоті приміщень, Вт;

$\Sigma Q_{ndл}^o$ – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, Вт.

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря [11]

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

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

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{С}$ [14];

$t_в$, $t_{з.р}$ - відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, $^\circ\text{С}$;

$G_{н.вкн}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$;

$F_{вкн}$ – площа віконного прорізу, м^2 .

n_e – 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]:

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

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 м/с² [11];

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

$\Delta\rho$ – різниця густин повітряних мас ($\Delta\rho = \rho - \rho_c$), кг/м³;

ρ_c – середня густина повітряних мас, кг/м³ (при нормальних умовах $\rho = 1,3$ кг/м³):

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

де $t_{cp.on}$ – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, °С;

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

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

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

c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С [11];

t_6 і $t_{3,p}$ - температура внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

k_6 – коефіцієнт, що враховує фактичний час відкриття воріт протягом години.

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

$$Q_{3,d}^{inf} = 0,28 \cdot G_{3,d} \cdot c \cdot (t_6 - t_3), \quad (1.14)$$

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

t_6 , $t_{3,p}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;

$G_{3,d}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря крізь неущільнені ворота, кг/год:

$$G_{3,d} = b_{н.д} \cdot L_{н.д} \cdot v_{ср.н.д} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (1.15)$$

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 м/с), м/с [11];

m_n – маса 1 м³ повітря (для практичних розрахунків беруть $m_n = 1,3$ кг).

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{inf} = Q_{вкн}^{inf} + Q_{ср}^{inf} + Q_{3,d}^{inf}, \text{ Вт} \quad (1.16)$$

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

$$Q_g = 0,28 \cdot V_{II} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_g - t_{z,p}) \cdot n_k \cdot k_V, \text{ Вт} \quad (1.17)$$

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С [11];

t_g і $t_{z,p}$ – температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;

V_{II} – внутрішній об'єм приміщення, м³;

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].

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

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

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 зовнішніх огорожувальних конструкцій	$R_{\Sigma np}, \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$	$R_{q min}, \frac{m^2 \cdot K}{Вт}$
1	Стіни	0,98	4,0
2	Дах	1,76	7,0
3	Вікна	0,75	0,9
4	Двері	0,6	0,7
5	Підлога	0,65	5,0

Отримані результати ($R_{\Sigma np} \ll R_{q min}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [8].

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, °С	20
Температура в підвальному приміщенні, °С	9
Температура зовнішнього повітря, °С	-25
Загальна площа зовнішніх стін, м ²	1045
Загальна площа площі перекриття даху, м ²	545
Загальна площа вікон металопластикових, м ²	150
Загальна площа дверей, м ²	9
Загальна площа перекриття над підвалом, м ²	320
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	3716,7
Густина повітря, яке видаляється з приміщення, кг/м ³	1,3

Продовження таблиці 1.10

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	250
Явні теплонадходження від людей, Вт	103
Номинальна потужність електроустаткування, Вт	21000
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	30
Коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову	0,4
Коефіцієнт завантаження освітлення	0,6
Кількість однотипних джерел освітлення	330
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	75
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні), м ²	75
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	0,98
Приведений опір теплопередачі для стелі, (м ² ·К)/Вт	1,76
Приведений опір теплопередачі для дверей, (м ² ·К)/Вт	0,6
Приведений опір теплопередачі для вікон (металоплас.), (м ² ·К)/Вт	0,75
Приведений опір теплопередачі для підлоги, (м ² ·К)/Вт	0,65
Втрати теплоти через стіни, Вт	47984,69388
Втрати теплоти через стелю, Вт	13934,65909
Втрати теплоти через двері, Вт	784
Втрати теплоти через вікна (металопластикові), Вт	9000
Втрати теплоти через підлогу, Вт	5415,384615
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи, Вт	15195,6
Тепловтрати на витягну вентиляцію, Вт	41605,08174

Продовження таблиці 1.11

Сумарні тепловтрати, Вт	133919,4193
Теплонадходження від людей, Вт	25750
Теплонадходження від електроустаткування, Вт	5818,05
Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	2376
Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	15750
Сумарні теплонадходження,Вт	49694,05
Теплова потужність будівлі,Вт	84225,36
Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, кВт	179761,6

1.9 Висновки до розділу

1) Виконано візуальне обстеження зовнішніх огорожуючих конструкцій. Дефекти не виявлені.

2) Система теплопостачання в будівлі - централізована. Джерелом теплопостачання є котельня по вул. Герасима Кондратьєва, 120. Система керування теплопостачанням відсутня. Регулювання відбувається в ручному режимі.

3) Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано. Дефектів виявлено не було.

4) В будівлі встановлені лічильники обліку теплової енергії, електричної енергії та холодної води. Лічильники повірені. Зняття показань відбувається кожного місяця.

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

6) За допомогою далекоміра та термометра було виміряно температуру всередині приміщень будівлі 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 84225,6 Вт (0,072 Гкал/год).

9) Для підвищення енергезалежності будівлі пропонується запровадити енергозберіжні заходи а також впровадження альтернативного енергозабезпечення.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

2.1 Опис можливих енергозбережних заходів

2.1.1 Встановлення теплового насоса для системи опалення будівлі

Сьогодні все більше проектів застосовують системи на основі теплових насосів для теплопостачання та охолодження будівель. Теплонасосне обладнання широко використовується як в приватному секторі, так і під час зведення комерційних та громадських будівель. Теплові насоси забезпечують мінімальне споживання енергії та гарантують нульові викиди CO₂. Суттєвою перевагою технології теплових насосів є те, що завдяки одному пристрою ми отримуємо три системи: опалення, охолодження та гаряче водопостачання [13].



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд теплового насоса [13]

Тепловий насос ґрунтовий «ґрунт-вода».

У такій системі тепло витягається з ґрунту, і далі передається в контур опалення та гарячого водопостачання (ГВП) [14]. Температура поверхневого шару землі або на глибині завжди позитивна, тому такий тип обладнання є ідеальним

варіантом зі стабільною продуктивністю протягом усього року. Але реалізувати проект можна за наявності деяких передумов [14].

Як працює таке обладнання та як воно облаштоване? Біля будинку є значний простір – земельна ділянка, де на глибину (більше, ніж глибина промерзання для даного регіону) укладаються труби горизонтального колектора. Їх можна укласти в траншеї або котлован, вириті екскаватором. Місця укладання надалі не варто засаджувати деревами, оскільки земля тут має якісно прогріватись сонцем [14].

Якщо ділянка біля будинку невелика, можна бурити углиб кілька віддалених на 6-8 метрів вертикальних свердловин; глибина (до 40м і глибше) та кількість свердловин залежать від геологічної будови ґрунту. Найкраще підходять вологі та прохідні для буріння породи ґрунту. Як джерело тепла також може використовуватися ставок або водоймище достатнього обсягу, куди для тепловідведення на глибину укладаються кільця трубного колектора. Головне, щоб водоймище взимку не промерзло на всю глибину [14].

Мінуси [14]:

- вартість обладнання та всіх монтажних робіт обійдеться дорожче, ніж для водяних або повітряних теплових насосів, зате річне енергоспоживання – мінімальне порівняно з іншими типами ТН;
- важкі монтажні роботи: без досвідчених фахівців, які вже встановлювали таку систему, не обійтись.

Переваги [14]:

- 100% покриття навантажень з опалення, підігріву води та охолодження будинку;
- максимальне зниження енерговитрат під час використання низькотемпературних систем опалення;
- стабільно дуже високий COP;
- тиха робота;
- легке енергоефективне керування;
- екологічна чистота;
- електро- та пожежна безпека;

- безвідмовна робота упродовж десятиків років.

Великою перевагою є те, що для розміщення даного обладнання не потрібні котельня, узгодження проекту, дозволи та постійний контроль.

Тепловий насос повітряний - «повітря-вода» [14].

Навколишнє повітря - невичерпне джерело теплової енергії. Навіть за невеликих мінусових температур повітряний тепловий насос витягує тепло із зовнішнього повітря і багаторазово примножує його, передаючи воді в системі опалення та ГВП [14]. Витрачаючи 1кВт електроенергії, ми отримуємо до 5 кВт тепла! Але ефективність роботи теплового насоса повітря-вода залежить від зовнішньої температури: що нижче температура «за бортом», то більше енергії витрачається для отримання необхідної кількості тепла. Він буде працювати і при -25°C , але з набагато нижчою ефективністю. Тому при виборі «повітряника» враховуються кліматичні умови регіону, середньорічні температури та кількість морозних днів на рік [14].

Ефективніше та раціональніше буде використовувати таке обладнання з перемиканням на альтернативну систему – наприклад, електронагрівач, газовий або твердопаливний котел [14]. Встановлюючи повітряний тепловий насос, при синхронізації системи з газовим опаленням досягається максимальна економія енергоресурсів, адже тепер котел увімкнеться лише кілька днів на рік. Хоча можлива робота повітряного ТН як основного джерела тепла з перемиканням у морозні дні на вбудований електронагрівач. Варіацій може бути багато [14].

Тому для таких ТН, як і, втім, для інших типів, важливим є вибір низькотемпературних контурів нагрівальних, таких як тепла підлога або система фанкойлів [14]. Тут немає нерегульованих конвекційних потоків, і найкомфортніші температурні умови створюються в зоні перебування людей, а не під стелею [14]. Система з фанкойлами - найбільш зручний вибір для кондиціонування приміщень влітку [14].

2.1.2 Встановлення сонячних панелей на даху будинку

Розташування сонячних батарей має величезний вплив на те, скільки енергії вони будуть виробляти. Зазвичай їх встановлюють на даху, щоби не займати корисний простір [15].

Насамперед необхідно спроектувати СЕС у найкраще освітленій ділянці. Зазвичай, це південна сторона покрівлі, оскільки в північній півкулі сонце завжди знаходиться з відхиленням на південь.

Далі необхідно розрахувати кут нахилу панелей, щоби промені падали під прямим кутом. Протягом року розташування сонця змінюється, взимку воно південніше, влітку – трохи ближче до зеніту.

Якщо конструкція не пристосована до регулювання кута нахилу, краще виставити оптимальне положення на рівні 33–34° відносно землі.

Враховуйте, що виставляти кут нахилу панелей потрібно відносно поверхні землі, а не покрівлі. Якщо дах занадто крутий чи пологий, знадобиться спеціальний каркас, що компенсує нахил. З його допомогою вирівнюється кут.

Чим більше відхилення кута нахилу, тим більші втрати. Цю залежність можна прослідкувати в таблиці втрат ККД.

Таблиця 2.1 – Втрати ККД

Кут падіння сонячних променів	Відсоток втрат
81°	-1,2%
72°	-4,9%
50°	-19%
45°	-29%
81°	-1,2%

На умови розташування панелей часто впливають географічні особливості місцевості, висота над рівнем моря, ландшафт тощо. Розраховувати оптимальне місце розташування потрібно, відштовхуючись від цих умов [15].

Рівень затінення також впливає. Якщо фотоелемент опиняється в тіні, він перестає працювати, а частково затінений – буде виробляти електроенергію пропорційно рівню затіненості [15].

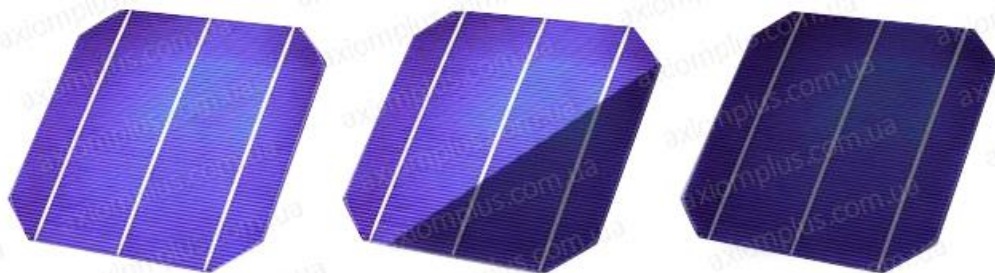


Рисунок 2.2 – Рівень затінення сонячних панелей [15]

В інверторах середньощітового сегменту може бути функція детекції пошкоджених ділянок батарей. Наприклад, якщо раптом один із фотоелементів перестане працювати, на корпусі інвертора вмикається світловий сигнал. Так можна відразу дізнатися про аварію, щоби якомога швидше її усунути [15].

Якщо затінення не уникнути, сплануйте каркас так, щоби досягти рівномірного освітлення. Це потрібно робити з огляду на розміри місця розташування та технічні умови [15].

Сонячна панель – доволі важка. Стандартна фотопанель на 275Вт важить понад 18кг. СЕС на 10кВт буде складатися 36 таких модулів, отже, загальна вага конструкції буде біля 655кг [15].

Щоби витримати таку вагу на даху, потрібна міцна та водночас легка конструкція. Зазвичай каркас виготовляється з алюмінієвих профілів. Самі модулі фіксуються металевими скобами через монтажні отвори. Через них на всю конструкцію виводиться заземлення [15].

Зазвичай монтаж сонячних батарей виконують фахівці з досвідом і практичними навичками. Середня вартість таких послуг в Україні 200\$ за 1м², проте вона цілком виправдана складністю і тривалістю, оскільки монтаж включає цілий комплекс робіт [15]:

1. Насамперед здійснюється точне визначення розташування. Фахівці визначають географічні координати будинку, вивчають планування даху і

вводять ці дані в програму, що розраховує, на яку ділянку падає найбільше світла. Це промислова платна технологія і вона недоступна звичайному монтажнику;

2. На основі отриманих даних інженер створює схеми та креслення для проекту;
3. Згідно з проектом замовляється індивідуальний каркас з оптимальним нахилом, габаритами, формою, кріпленнями тощо;
4. Після виготовлення, на дах встановлюються металеві балки, на них вішаються, а потім підключаються фотоелементи;
5. Проводиться пробний запуск і тестування електростанції;
6. Надається юридична підтримка та супровід для підключення зеленого тарифу.

2.1.3 Буріння свердловини для забезпечення будинку холодною водою

Вода – дуже важливий елемент в організмі. Для нормальної життєдіяльності слід стежити за її якістю та використовувати лише чисту рідину для внутрішнього застосування. У ній не повинно бути підвищеної кількості хімічних речовин або концентрації інших елементів, не корисних для здоров'я [16].

Виведення відходів каналізації у поверхневі водні джерела значно погіршує якість води. Найкращим рішенням у такому випадку стає проектування альтернативного водопостачання за допомогою артезіанської свердловини. Завдяки їй у вашому розпорядженні буде лише якісна вода. Поліпшується якість волосся, шкіри, здоров'я та всього організму [16]. Завдяки свердловині ви отримуєте незалежність від централізованого водопостачання [16].

Але перш ніж починати буріння та монтажу водозабірної конструкції, необхідно зробити проектування будівництва свердловини, що враховує гідрогеологічні, геологічні, санітарні умови району [16].

онструкція свердловини та її проектування залежать від переслідуваних завдань, геологічних особливостей ділянки, глибини, техніки бурових робіт та інших факторів.

Проектування для буріння майбутньої водозабірної свердловини включає розрахунок та закладку технічних характеристик системи водопостачання, що дає визначення її терміну експлуатації, безпеки, функціональних можливостей.

Після проведення дослідження та огляду ділянки, із замовником затверджуються такі пункти:

- місце встановлення;
- габарити;
- тип артезіанської свердловини.

Розробка проєкту може поширюватися як на одиночний водозабірний вузол для приватного будинку, так і комплекс з кількох колодязів для обслуговування котеджного містечка або виробництва.

Буріння артезіанських свердловин - дуже складний процес, що вимагає спеціальних навичок, знань, обладнання, технологій, досвіду і проектування. Тільки фахівці в цій галузі можуть виконати такий проєкт якісно і швидко [16].

Підготовка робочого проєкту на буріння свердловини складається з точно таких же етапів, які визначають доцільність монтажу на кожній ділянці, подальше обслуговування конструкції і безпеку проведення робіт.

Проектування таких установок вимагає великої роботи і важливих розрахунків. Щоб почати користуватися штучною свердловиною, необхідно виконати етапи підготовки, буріння і розміщення водозабірної системи.

Існує кілька видів буріння, в тому числі шнекове, роторне, ударно-канатне і ручне..

Наступним етапом у створенні такої установки є очищення та прокачування всієї свердловини до тих пір, поки вода в свердловині не стане прозорою. Потім встановлюється насос і свердловина підключається до будівлі [16].

Для того, щоб скласти проєкт, необхідно [16]:

- оцінити запаси та стан підземних водних джерел;
- отримати дозвіл на будівельні заходи;
- розробити, перевірити, погодити проєкт артезіанської свердловини на воду.

Після проведення даних етапів та заповнення документів, для правильної роботи необхідно певне обладнання, таке як: насоси, фільтри тощо.

2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберіжних заходів

2.2.1 Встановлення теплового насоса для системи опалення будівлі

Для опалення адміністративної будівлі вибираємо тепловий насос NIBE .

Основні характеристики теплового насоса типу NIBE [17]:

- потужність – 70 кВт;
 - резервування – вбудований, двохступінчастий;
 - температура подачі теплоносія в систему опалення – до 70⁰С;
 - температура зворотнього теплоносія – 50⁰С;
 - циркуляційні насоси (один резервний);
 - основні розміри: висота – 1850 мм; ширина – 700 мм; глибина – 650 мм; вага – 250 кг.
- електромережа – 380 В;
 - дисплей – цвітний.



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд теплового насоса типу NIBE [17]

Тепловий насос має комбіноване управління опаленням «по погоді», або «по температурі в середині будівлі». Управління «по погоді» забезпечує швидке реагування системи опалення на зміну погоди. На рисунку 2.4 зображено інтерфейс блоку управління системою опалення.



Рисунок 2.4 – Інтерфейс блоку системою опалення [17]

Існує також можливість регулювання опалення по днях тижня, і за часом. Наприклад: зменшення температури вночі, або у вихідний день (зменшення температури в будівлі на 1°C зменшує витрати опалення на 5%).

Вартість теплового насосу та робота, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно $K = 1500000$ грн [17].

Даний проект спрямований на відмову від централізованої системи тепlopостачання. Джерелом фінансування є власні кошти підприємства.

Тариф за споживання теплової енергії становить 4101,43 грн/Гкал.

Тоді споживання теплової енергії будівлею у грошовому еквіваленті за 2023-2024 рік складає:

$$E_{опал} = 4101,43 \cdot 190 = 779271,7 \text{ грн.}$$

Розрахуємо річну економію коштів після впровадження заходу:

- Необхідна потужність теплового насосу $\Delta Q = 179761,6$ кВт.
- циркуляційні насоси споживають $W_{ц.н.} = 2050$ кВт·год за рік.
- COP теплового насосу – 4,5.

Визначимо споживання електричної енергії тепловим насосом за формулою:

$$COP = \frac{\Delta Q}{W_{Т.Н.}}, \quad (3.1)$$

де ΔQ – теплова енергія яку виробив насос;

$W_{Т.Н.}$ – споживання електричної енергії тепловим насосом.

Тоді:

$$W_{Т.Н.} = \frac{\Delta Q}{COP} = \frac{179761,6}{4,5} = 39947,02 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Сумарне споживання електричної енергії:

$$W = W_{Т.Н.} + W_{ц.н.}, \quad (3.2)$$

де $W_{Т.Н.}$ – споживання електричної енергії тепловим насосом;

$W_{ц.н.}$ – споживання електричної енергії циркуляційними насосами.

$$W = 39947,02 + 2050 = 41997,02 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

В грошовому еквіваленті:

$$E_{елект} = 41997,02 \cdot 6,2 = 260381,52 \text{ грн}.$$

Грошова економія складе:

$$\Delta E = 779271,7 - 260381,5 = 518890,2 \text{ грн / рік.}$$

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{1500000}{518890,2} = 2,9 \text{ року.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [18].

Цей проект спрямований на альтернативне теплозабезпечення будівлі шляхом встановлення теплового насосу.

На основі проведених розрахунків робимо фінансовий аналіз встановлення теплового насосу.

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності

Рік	Інвестиції I (капітальні витрати), грн	Вигоди D (дохід), грн	чистий грошовий потік, P_t , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведена дисконтна вартість, грн.	NPV, грн
0	-1500000	-1500000		1		
1	0	518890,2	-981109,8	0,909	471718	-1028282
2	0	518890,2	-462219,6	0,826	428835	-599447

Продовження таблиці 2.2

3	0	518890,2	56670,6	0,751	389850	-209597
4	0	518890,2	575560,8	0,683	354409	144812
5	0	518890,2	1094451	0,621	322190	467002
6	0	518890,2	1613341,2	0,564	292900	759902
7	0	518890,2	2132231,4	0,513	266273	1026175
8	0	518890,2	2651121,6	0,467	242066	1268241
9	0	518890,2	3170011,8	0,424	220060	1488301
10	0	518890,2	3688902	0,386	200055	1688356

Дисконтований термін окупності згідно [18]:

$$PP = 3 + \frac{1500000 - 1290403}{141510} = 3,6 \text{ роки.}$$

2.2.2 Встановлення сонячних панелей

Для забезпечення будівлі електричною енергією для потреб освітлення виконаємо розрахунок сонячних панелей. Для забезпечення будинку необхідною кількістю електричної енергії для потреби систем освітлення необхідно приблизно 115 кВт/добу (в будівлі встановлені різні типи ламп).

Методика розрахунку наведена в [19]

Принципова схема встановлення сонячних панелей наведена на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Принципова схема встановлення сонячної електростанції [20]

Обираємо сонячні панелі RSM110-8-545M (рис.2.6) [22].

Врахуємо втрати на розряд-заряд акумулятора. Величину втрат прийmemo 1%.

$$W_3^{зар} = 115 \cdot 1,1 = 126,5 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}$$



Рисунок 2.6 – Вигляд сонячної панелі [22]

Потужність електричної енергії, що виробляється за допомогою однієї панелі:

$$W_p = 0,5 \cdot 0,545 = 0,3 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу},$$

0,5 – поправковий коефіцієнт для зимового періодів відповідно [20];

0,545 – потужність однієї панелі, кВт/год [21]

Необхідна кількість панелей згідно [20]:

$$N = \frac{W^{зар}}{W} \tag{2.3}$$

Для зимового періоду:

$$N_3 = \frac{126,5}{0,3} = 422 \text{ панелі.}$$

Отже, для задоволення потреб у електроенергії необхідно встановити 422 фотоелектричних панелей.

Розміри фотоелектричної панелі складають 1096x2384 мм [21].

Необхідну ємність акумулятора знайдемо за формулою [20]:

$$Q = \frac{Q_3 \cdot t}{V \cdot k} \quad (2.4)$$

де t – час, на який потрібно зарезервувати електричну енергію, год;

V - напруга, В;

k – коефіцієнт використання акумулятора.

$$Q = \frac{126,5 \cdot 12}{12 \cdot 0,7} = 180 \text{ А} \cdot \text{год}.$$

Обираємо 3 акумулятори 75MAG - 12В - 75 А/год [23].

Вартість фотоелектричних панелей, включаючи допоміжне обладнання, транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно $K = 3000000$ грн [21].

Розрахуємо термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Потреба в електроенергії за рік (враховуємо середньодобову потребу в електричній енергії)

$$C = 115 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу} \times 365 \text{ днів} \cdot = 41975 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік};$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 6,2 \cdot 41975 = 260245 \text{ грн}$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{3000000}{260245} = 12 \text{ років.}$$

Термін окупності даного енергозберігаючого заходу великий. Але враховуючи ситуацію яка пов'язана постійними обстрілами критичної інфраструктури, постійними відключеннями електроенергії, впровадження даного енергозберігаючого заходу дозволить підвищити енергонезалежність будівлі і тим самим забезпечить стабільним електропостачанням.

2.2.3 Розрахунок буріння свердловини для холодної води

З метою підвищення енергонезалежності адміністративної будівлі ТОВ «Сумитеплоенерго» та забезпечення власною холодною водою пропонується виконати буріння свердловини. Даний захід дозволить забезпечити будівлю якісним водопостачанням та відмовитись від послуг централізованого водопостачання.

Місце для буріння свердловини вибираємо неподалік адміністративної будівлі.

Капітальні витрати наведені в таблиці 2.3 згідно [22].

Таблиця 2.3 – Капітальні витрати на впровадження даного заходу [22]

ПОСЛУГА	ТЕРМІН	ЦІНА
Розробка проекту артезіанської свердловини	20 днів	10000 грн
Розробка проекту	30 днів	4000 грн
Розробка паспорта на свердловину	10 днів	2000 грн
Отримання дозволу на спеціальне водокористування	80 днів	3000 грн

Продовження таблиці 2.3

<p>Основні та допоміжні матеріали:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) глибинний насос; 2) гідроаккумулятор " 3) термомуфта; 4) антивібраційний шланг; 5) манометр; 6) реле тиску; 7) муфта; 8) цемент; 9) канат нержавіючий; 10) затискачі до тросу; 11) зворотній клапан 12) люк садовий; 13) кульковий кран; 14) стрічка пакувальна; 15) трубопроводи для подачі холодної води по будівлі. 	<p>7 днів</p>	<p>50000 грн</p>
<p>Загальні витрати</p>	<p>76000 грн</p>	

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

$$\Delta E = 776 \cdot 15,98 = 12400,5 \text{ грн / рік}$$

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{76000}{12400,5} = 6,2 \text{ року.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [18].

Цей проект спрямований на альтернативне забезпечення будівлі холодною водою.

На основі проведених розрахунків робимо фінансовий аналіз буріння свердловини для системи водопостачання.

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.4

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності

Рік	Інвестиції I (капітальні витрати), грн	Вигоди D (дохід), грн	чистий грошовий потік, P_t , грн	Дисконтни й множник за ставкою $r=r_1$	Приведен а дисконтн а вартість, грн.	NPV, грн
0	-76000	-76000		1		
1	0	12400,5	-63599,5	0,909	11273	-64727
2	0	12400,5	-51199	0,826	10248	-54478
3	0	12400,5	-38798,5	0,751	9317	-45162
4	0	12400,5	-26398	0,683	8470	-36692
5	0	12400,5	-13997,5	0,621	7700	-28992
6	0	12400,5	-1597	0,564	7000	-21993
7	0	12400,5	10803,5	0,513	6363	-15629
8	0	12400,5	23204	0,467	5785	-9844
9	0	12400,5	35604,5	0,424	5259	-4585
10	0	12400,5	48005	0,386	4781	196

Дисконтований термін окупності згідно [18]:

$$PP = 9 + \frac{76000 - 71415}{4781} = 9,9 \text{ років.}$$

2.3 Висновки за розділом

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

Сума капітальних вкладів значна, але поступове впровадження даних заходів дозволить забезпечити будівлю альтернативними видами енергії.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження

Небезпечні та шкідливі фактори в адміністративній будівлі можуть бути пов'язані з різними аспектами її функціонування, як технічними, так і організаційними. Ось основні з них:

Основні фізичні фактори включають в себе [23]:

1) Погане освітлення. При недостатньому або неправильному освітленні в працівників може вбути втома очей, головний біль.

2) Невідповідна температура. Занадто низька або висока температура в приміщенні може негативно вплинути на здоров'я працівників (застида, перегрів, зниження концентрації).

3) Шум. Перевищення допустимого рівня шуму (наприклад, від кондиціонерів, технічних приладів) може викликати стрес, втому, зниження продуктивності.

4) Вібрації. Наявність вібрацій від техніки або інженерних систем може призвести до погіршення самопочуття і навіть травм при довготривалому впливі.

5) Погана вентиляція. Недостатній повітрообмін призводить до накопичення вуглекислого газу, що викликає втому, головний біль та зниження продуктивності.

6) Слизькі або нерівні підлоги можуть спричинити падіння та травми працівників [23].

7) Пожежна безпека. Відсутність пожежної сигналізації, несправні електромережі або електроприлади, накопичення горючих матеріалів.

Основні хімічні фактори включають в себе:

1) Хімічні засоби для прибирання. Багато миючих та дезінфікуючих засобів містять токсичні хімікати, які можуть викликати подразнення шкіри, очей, дихальних шляхів або алергічні реакції.

2) Шкідливі викиди від копіювальної техніки: принтери, сканери та копіювальні апарати можуть виділяти озон та інші шкідливі речовини, особливо під час інтенсивної роботи [23].

Основні електричні фактори:

1) Несправність електропроводки: ризик короткого замикання та пожежі.

2) Небезпека ураження електричним струмом: можливі аварійні ситуації при експлуатації несправних електроприладів або відкритих електричних дротів.

3) Електромагнітне випромінювання: офісна техніка (комп'ютери, телефони, маршрутизатори) може бути джерелом електромагнітного випромінювання, що негативно впливає на здоров'я при тривалому впливі.

Психофізіологічні фактори включають в себе [23]:

1) Стрес: велике навантаження, тиск з боку керівництва або терміни виконання завдань можуть викликати стрес та емоційне вигорання.

2) Монотонність роботи: повторювані завдання або відсутність змін можуть спричинити психічну втому і зниження мотивації.

3) Неправильна організація робочого місця: незручні меблі, неправильна поза під час роботи за комп'ютером можуть спричинити захворювання опорно-рухової системи.

Біологічні фактори [23]:

1) Пліснява і грибки: у разі недостатньої вентиляції та підвищеної вологості на стінах або в системі кондиціонування може утворюватися пліснява, яка викликає алергії, респіраторні захворювання.

Механічні фактори:

1) Неправильне розташування меблів або техніки: це може створювати ризики для травм через неправильну організацію робочого простору.

2) Небезпечні кути, виступи або сходи: без належних засобів безпеки (бар'єрів, позначок) це може призвести до травм.

3.2 Основні заходи для зниження ризиків для працівників в досліджуваній будівлі

Основні заходи включають в себе [23]:

- Забезпечення достатньої вентиляції та освітлення.
- Регулярна перевірка та обслуговування електропроводки та техніки.
- Використання екологічно безпечних засобів для прибирання.
- Організація робочих місць відповідно до правил ергономіки.
- Навчання працівників з питань охорони праці та пожежної безпеки.
- Регулярний моніторинг стану здоров'я працівників.

Ці фактори можуть вплинути на безпеку та здоров'я працівників, тому важливо впроваджувати профілактичні заходи для їх зменшення.

3.3 Розрахунок аварійного освітлення

Потрібно розрахувати кількість світильників аварійного освітлення для коридору площею 2000 м² з необхідним рівнем освітленості 1 люкс [24]. Вибрано світильники з світловим потоком 700 люмен.

Дано:

Площа коридору – $A=2000 \text{ м}^2$;

Необхідний рівень освітленості – $E=1 \text{ люкс}$;

Світловий потік одного світильника – $L = 700 \text{ люмен}$.

Розрахунок

1) Розрахунок кількості світильників:

$$N = \frac{E \cdot A}{L} = \frac{2000 \cdot 1}{700} = 3 \text{ шт.}$$

Для забезпечення аварійного освітлення необхідно встановити 3 світильника.

ВИСНОВКИ

Об'єктом енергетичного обстеження була адміністративна будівля ТОВ «Сумитеплоенерго».

Будівля знаходиться в м. Суми, за адресою вул. Лебединська, 7.

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.

Виконано заміри температури повітря в робочих кабінетах за допомогою термометра.

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

Виконано опис вузлів обліку енергетичних ресурсів.

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

Виконано розрахунок теплової потужності будівлі, яка склала 107486,7 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 – 1500000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 518890,2 грн; термін окупності заходу – 2,9 років, дисконтований термін окупності – 3,6 роки).

2) Встановлення сонячних панелей на даху будинку для підігріву холодної води для кухні (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 3000000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 260245 грн; термін окупності заходу – 12 років).

3) Буріння свердловини на воду (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 76000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 12400,5 грн; термін окупності заходу – 6,2 року , дисконтований термін окупності – 9,9 роки).

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Як Україні врахувати енергоефективність у відновленні – п'ять рекомендацій [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ua-energy.org/uk/posts/yak-ukraini-vrakhuvaty-enerhoefektyvnist-u-vidnovlenni-piat-rekomendatsii-02-05-2024>
2. Чому енергоефективні рішення є економічно вигідними та скільки Україна зможе заощаджувати у житлово-комунальному та промисловому секторі? <https://www.epravda.com.ua/columns/2024/01/27/709219/>
3. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://gazovod.com.ua/ua/teplopostachannya/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=CjwKCAjw2K6lBhBXEiwA5RjtCbCZej5qVVBuT7L-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: Україна Сумська Міська Рада Виконавчий комітет РІШЕННЯ Від «20.04.99 №172» м. Суми «Про затвердження норм водопостачання для споживачів». Суми – 7 с.

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://сахара.ua/pro-nas-statti-pryklady-zastosuvannia-teplovykh-nasosiv-dlia-velykykh-ob-yektiv>
14. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ventbazar.ua/uk/blog/tipy-teplovykh-nasosov-dlya-otopleniya/>
15. Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання: https://axiomplus.com.ua/ua/news/ustanovka-solnechnyh-panelej/?srsIid=AfmBOopMARPYbKSCI20L_BP9Ezcm1huqWDRnWOtMarpsp37E-UiDs6LC
16. Буріння свердловини для води [електронний ресурс] Режим посилання:
17. Теплові насоси типу «Найб» [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ekonomteplo.com.ua/teplovi-nasosy/nibe/>
18. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів / укладачі: І.М.Сотник, О. М. Маценко, О. М. Соляник. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 48с.
19. Курсова робота з дисципліни «Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії на тему «Проект енергоефективного будинку та систем його енергозабезпечення, розташованого в Сумській області».
20. Мережева сонячна електростанція [електронний ресурс] Режим посилання: <https://sun-energy.com.ua/solar-power/solar-power-plants/biudzhetna10kwt>

21. Сонячна електростанція [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://avenston.com/services/commercial-pv/applications/business-center/>

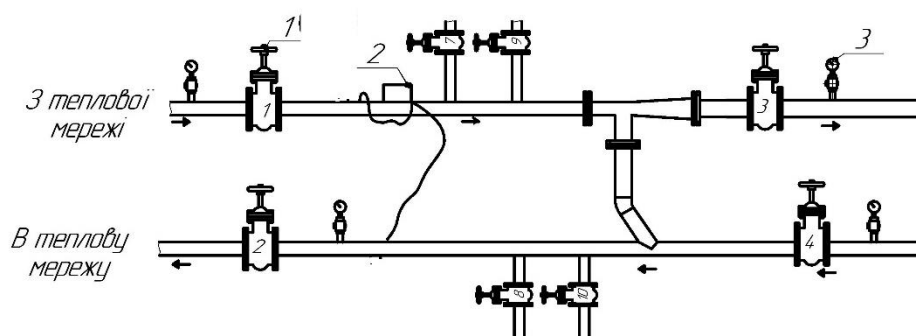
22. Буріння свердловин [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://aquatoria.kiev.ua/uk/prais-lyst>

23. Охорона праці [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://racio.ua/osnovni-vimogi-do-ohoroni-praci-v-ofisi/>

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.

ДОДАТОК А

Принципова схема теплового пункту адміністративної будівлі ТОВ «Сумитеплоенерго»



Умовні позначення:

1 – запірна арматура;

2 – лічильник теплової енергії;

3 – манометр.