

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 адміністративної будівлі АТ
«Сумиобленерго» за рахунок впровадження відновлювальних джерел енергії»

Здобувача групи ЕМ.м-32 Михайлова Владислава Тимофійовича
(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)

Владислав МИХАЙЛОВ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

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

(підпис)

Суми – 2024

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

Михайлов Владислав Тимофійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: «Підвищення енергонезалежності адміністративної будівлі АТ «Сумиобленерго» за рахунок впровадження відновлювальних джерел енергії».
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.

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 61 сторінку, 15 рисунків, 12 таблиць, 1 додаток, 25 літературних джерела.

Метою роботи є розроблення заходів для альтернативного енергозабезпечення адміністративної будівлі АТ «Сумиобленерго» 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 АТ «Сумиобленерго».

Об'єкт дослідження: адміністративна будівля АТ «Сумиобленерго» та її системи енергозабезпечення.

Ключові слова: ЕНЕРГОАУДИТ, ЕНЕРГОРЕСУРС, ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, СОНЯЧНА ПАНЕЛЬ, ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНІСТЬ, ВЕНТИЛЯЦІЯ.

Тема роботи – **«Підвищення енергонезалежності адміністративної будівлі АТ «Сумиобленерго» за рахунок впровадження відновлювальних джерел енергії»**

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 для проведення вимірювань.....	15
1.5 Аналіз результатів вимірювання.....	17
1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води	17
1.6.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії.....	18
1.6.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії	19
1.6.3 Аналіз обсягів споживання води	21
1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.....	22
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії.....	22
1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	24
1.7.3 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	25
1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі.....	25
1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання.....	26
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	40
2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів	42
2.2.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі.....	42
2.2.2 Встановлення сонячних панелей	46
2.2.3 Розрахунок буріння свердловини для холодної води.....	49
2.3 Висновки за розділом.....	52
3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	53
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження.....	53
3.2 Основні заходи для зниження ризиків для працівників в досліджуваній будівлі.....	55
3.3 Розрахунок вентиляції для офісного приміщення.....	55

ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58
ДОДАТОК А	61

ВСТУП

Енергетика у надскладних умовах воєнних дій на території України має стратегічне оборонне і соціальне значення. Життєво важливим є відновлення і забезпечення належного функціонування енергетичних об'єктів, що зазнають цілеспрямованих руйнувань [1].

Воєнні дії викликають в енергетичній сфері ряд проблем, кожна з яких є викликом, а в комплексі вони вимагають надзвичайних зусиль для продовження роботи і належного функціонування галузі [1]. Це інфраструктурні руйнування, захоплення та утримання об'єктів енергетики окупаційними військами, зниження платіжної спроможності та дисципліни споживачів, ускладнення в ланцюгах поставок та багато інших [1]. Крім того, енергетика буде відігравати ключову роль в післявоєнній відбудові національної економіки [1].

В той же час, початок синхронізованої роботи української та європейської енергетичних систем надає ряд переваг учасникам ринку електричної енергії, однак ставить перед ними нові виклики [1]. Так само і стратегічний напрямок України щодо вступу до Європейського Союзу має стати ключовим вектором для планування відбудови і подальшого розвитку енергетики в Україні [1].

Генеральна Асамблея ООН не випадково обрала 26 січня для відзначення Міжнародного дня чистої енергії, адже 15 років тому створено Міжнародне агентство з відновлюваних джерел енергії (IRENA), членом якого є і Україна [2].

Вочевидь, шлях декарбонізації – незмінний для цивілізованої частини світу [2].

Як свідчить статистика, у світі інвестиції в енергоефективність зросли на 16% до 600 млрд доларів у 2022 році [2]. У 2023 році світ додав на 50% більше потужностей відновлюваних джерел енергії, ніж у 2022 році [2]. Впродовж наступних 5 років очікується прискорення розвитку «чистої» енергетики, за даними Міжнародного енергетичного агентства [2].

Активний рух до сталого розвитку всупереч війні показує і Україна. Під час війни в країні запускають проекти з енергоефективності та декарбонізації: першу в

країні біометанову установку; вітропарк, який стане найбільшим у Східній Європі; когенераційні установки [2].

Згідно [2] було заявлено, що в Україні має розвиватись як атомна, так і альтернативна енергетика. Атомна енергетика забезпечує базову генерацію, тоді як альтернативна покриває пікові навантаження і відповідає за споживання в певні періоди часу.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергоаудиту є адміністративна будівля АТ «Сумиобленерго».

Будівля знаходиться в м Суми за адресою вул. Івана Сірка, 7-А.

Дана будівля складається з 2 поверхів.

Рік побудови - 1980 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 – 448 м²;
- опалювальна площа приміщень – 840 м²;
- опалювальний об'єм приміщень – 3150 м³;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами – 3360 м³;

Одночасно в будівлі знаходиться 80 осіб.

Графік роботи будівлі: робочі дні – пн-пт, вихідні – сб-нд.

Робочий день у будівлі: 08⁰⁰-17⁰⁰.

Обідня перерва: 12⁰⁰-12⁴⁵.

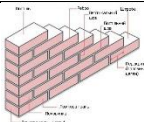




Робочий день другої зміни: 20⁰⁰-08⁰⁰.

В адміністративній будівлі підприємства цілодобово чергує охоронець.

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Конструктивні елементи огорожувальних конструкцій адміністративної будівлі АТ «Сумиобленерго» наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Конструктивні елементи зовнішніх огорожувальних конструкцій

Найменування конструкції	Матеріал шару	
Стіни	Кладка з цегли	
	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

В будівлі наявні централізовані системи теплопостачання, електропостачання, водопостачання та водовідведення.

Гаряче водопостачання в будівлі відбувається електричних водопідігрівачів, які встановлені в санвузлах.

1.3.1 Система теплопостачання

Будівля має централізовану систему теплопостачання. Джерело теплопостачання – Сумська ТЕЦ. Теплоносій подається від ЦТП № 15. Ввід теплової мережі виконаний металевими трубопроводами 2 Ø 80 мм (Додаток А).

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

Опалювальні прилади, які встановлені в будівлі це біметалеві радіатори.

В тепловому пункті встановлений елеваторний вузол. Запірна арматура – стальна. Підтікань теплоносія не виявлено. Зміна режиму надходження теплоносія в систему опалення відбувається в ручному режимі шлях закриття ввідної запірної арматури.

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» на підставі Договору про постачання електричної енергії № 4537. 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. Івана Сірка. На момент обстеження тиск води на вході в будівлю складає $P_{\text{хв}}=0,25$ МПа. Водовідведення відбувається до центральної каналізаційної системи міста.

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 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 - 28 липня 2024 р.

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



Рисунок 1.2 – Лічильник теплової енергії [3]

Технічні характеристики даного типу лічильника згідно паспортних даних представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [3]

Назва параметру	Значення параметру
Клас точності	2
Живлення	Автономне
Довжина кабеля	9 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 31 липня 2022 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
Номінальний та максимальний струм	5(50) А
Кількість фаз	1
Клас точності	1
Міжповірочний інтервал	4 роки

Холодна вода обліковується лічильником типу «Baylan» (рис. 1.4), термін повірки – 18 червня 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 «Baylan» [6]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальний тиск	1,8 МПа
Максимальна витрата	8 м ³ /год
Номінальна витрата	2 м ³ /год
Мінімальна витрата	0,6 м ³ /год
Тип встановлення	Горизонтальний

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 13.10.2024 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 (рис 1.5).

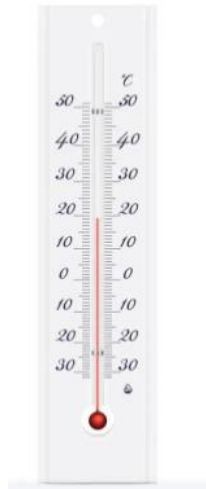


Рисунок 1.5 – Побутовий термометр [7]

Діапазон вимірювання температур: $-30 +50$ °C. Розмір термометра: 160x20 мм. Вага -100 г [7].

Для визначення вологості в приміщеннях використовували вимірювач Testo 605-N1 [8].

Для вимірювання геометричних розмірів будівлі використовувався лазерний далекомір типу «DniproM» (рис 1.6).

Особливості даного далекоміра [9]:

- висока швидкість проведення вимірювань;
- дозволяє проводити вимірювання на відстані 0,15-60 м;
- можливість фіксації на штативі з типом кріплення – 1/4";
- компактний розмір підвищує комфорт під час використання;
- оснащений пам'яттю на 20 вимірів.



Рисунок 1.6 – Далекомір типу «DniproM» [9]

1.5 Аналіз результатів вимірювання

Вимірювання проводилось 15.11.2024 р. Система опалення включена. Температура зовнішнього повітря становила: -1°C .

Вимірювані параметри склали:

- 1) середня температура повітря по кабінетам будівлі склала $T_{\text{в}} = 20^{\circ}\text{C}$, що відповідає санітарним вимогам [10].
- 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 – 50%, що відповідає вимогам норм і правил [10].

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 1.7 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	29,1	26,8	27,6	28,1
Лютий	24,3	16,8	17,6	18,7
Березень	15,1	5,6	7,3	4,9
Квітень	-	-	-	-
Травень	-	-	-	-
Червень	-	-	-	-
Липень	-	-	-	-
Серпень	-	-	-	-
Вересень	-	-	-	-
Жовтень	8,9	7,1	8,2	-
Листопад	19,6	19,6	16,3	-
Грудень	24,9	23,5	23,9	-
Всього	121,9	99,4	100,9	-

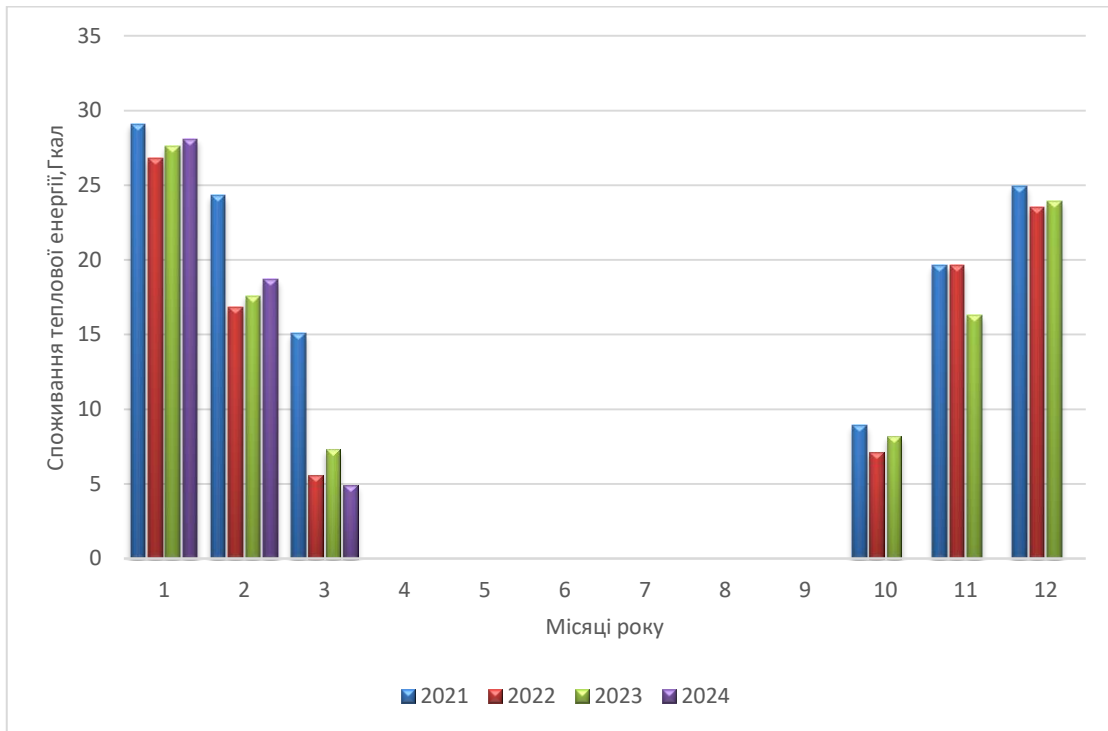


Рисунок 1.7 - Діаграма споживання теплової енергії за 2021-2024 роки

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

Найменше теплової енергії споживалось в лютому та березні місяці 2022 року. Це пов'язано з повномасштабним вторгненням росії на територію України. Адміністративна будівля була зачинена. Витрата теплового носія для потреб опалення була мінімальною.

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 1.8 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	4230	4100	4260
Лютий	3960	3560	3040
Березень	3770	250	2980
Квітень	3210	190	2840
Травень	2980	1650	2860
Червень	2820	2150	2630
Липень	2760	2050	2950
Серпень	2830	2350	2850
Вересень	2850	2460	2740
Жовтень	3150	2490	2930
Листопад	3620	2850	3250
Грудень	3950	3520	3480
Всього	40130	27620	36810

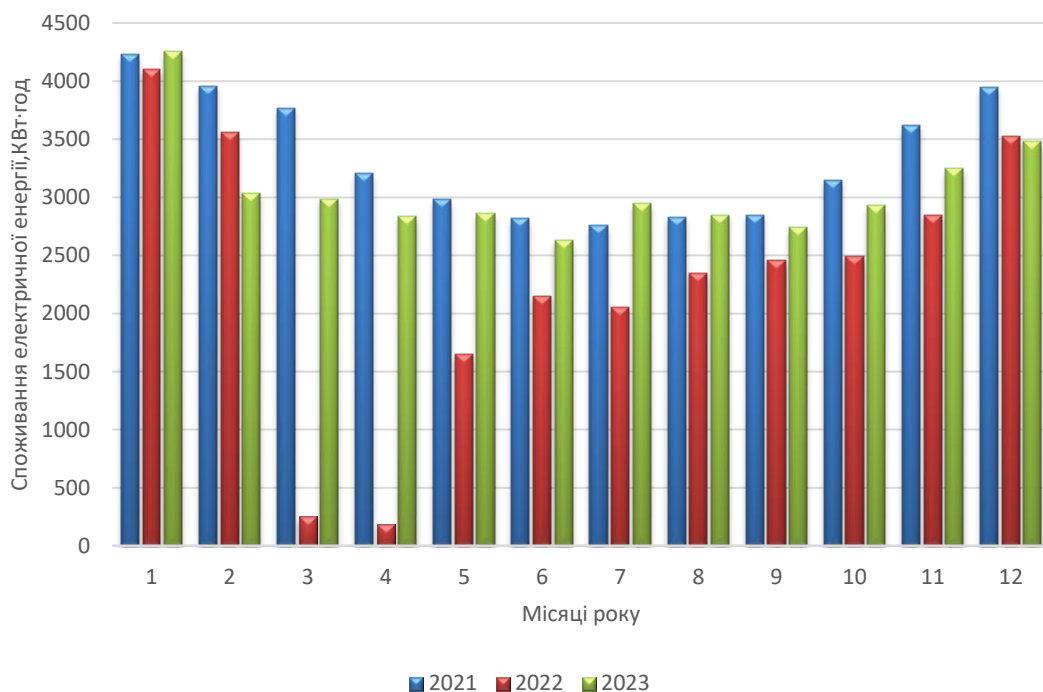


Рисунок 1.8 – Діаграма споживання електричної енергії за 2021-2023 роки

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 1.9 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	51	45	49
Лютий	45	42	43
Березень	43	7	36
Квітень	41	6	39
Травень	36	12	31
Червень	35	16	30
Липень	30	20	28
Серпень	30	23	27
Вересень	35	26	31
Жовтень	40	39	38
Листопад	42	38	37
Грудень	48	40	41
Всього	476	314	430

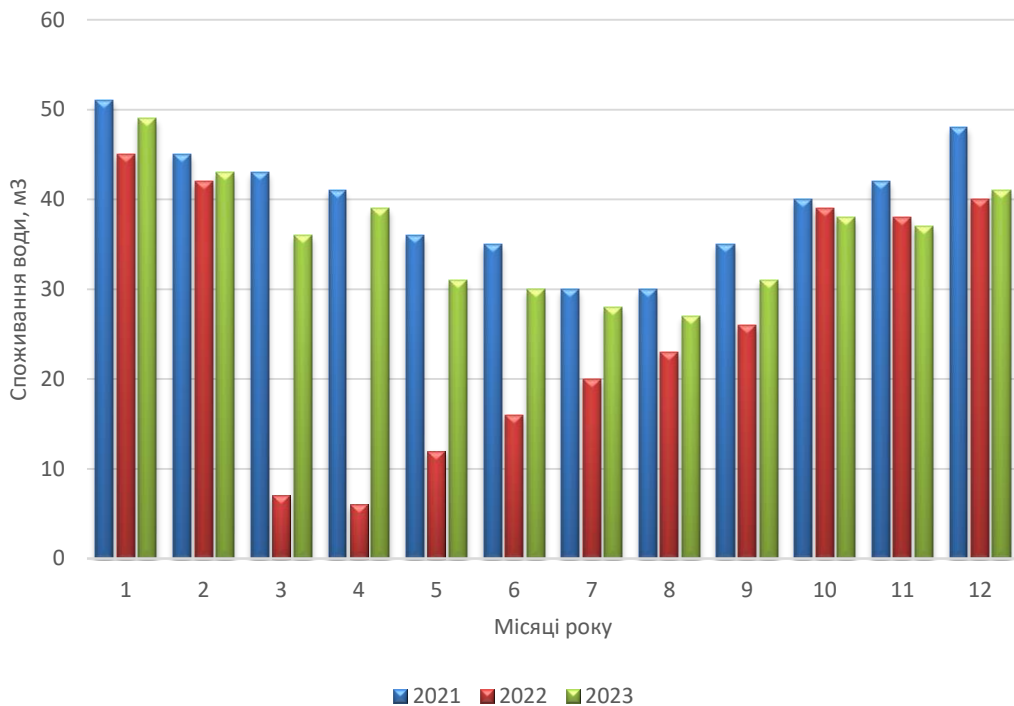


Рисунок 1.9 - Діаграма споживання води за 2021-2023 роки

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 [11]:

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

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 [11]:

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

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 [11].

Нормативна питома енергопотреба для громадських будівель згідно [11]:

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

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

- за 2021-2022 рік – $Q_{оп} = 121,9$ Гкал;
- за 2022-2023 рік – $Q_{оп} = 99,4$ Гкал;
- за 2023-2024 рік – $Q_{оп} = 100,9$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2020-2021 рік – $EP = 0,036$ Гкал/м²;
- за 2021-2022 рік – $EP = 0,033$ Гкал/м²;
- за 2022-2023 рік – $EP = 0,032$ Гкал/м².

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,033$ 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:

$$\Delta_{EP} = \left(\frac{0,033 - 0,026}{0,026} \right) \cdot 100\% = 27\%$$

Згідно з [11] дана будівля відноситься до класу енергетичної ефективності «Е».

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 не задовольняють сучасним вимогам з енергоефективності.

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 [12] 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:

$$\text{- 2021 рік: } \frac{40130 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{840} = 47,7 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2022 рік: } \frac{27620 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{840} = 32,8 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2023 рік: } \frac{36810 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{840} = 43,8 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2.$$

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 [13]. Норма витрат води для адміністративної будівлі на одного працівника становить – 12 л/добу на 1 працівника.

$$\text{- 2021 рік } \left(\frac{476000}{80} \right) / 365 = 16,3 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2022 рік } \left(\frac{314000}{80} \right) / 365 = 10,8 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2023 рік } \left(\frac{430000}{80} \right) / 365 = 14,7 \text{ л/добу}.$$

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

1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі

Аналіз енергетичного стану будівлі дозволяє виявити слабкі місця, що призводять до надмірного споживання енергії, і розробити заходи для підвищення енергоефективності. Впровадження енергоефективних заходів допоможе знизити

експлуатаційні витрати, підвищити комфорт у будівлі та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Розрахунки системи енергопостачання будівлі виконано згідно методики [14].

1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання

Розрахунок термічного опору зовнішніх огороджувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огороджувальних конструкцій $R_{\Sigma пр}$, $m^2 \cdot K/Wt$ повинний бути не менше за нормативних значень $R_{q min}$, які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження [11].

Для зовнішніх огороджувальних 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 огороджувальної конструкції чи непрозорої частини огороджувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Wt$;

$R_{q min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огороджувальної конструкції чи непрозорої частини огороджувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Wt$.

Мінімально допустиме значення, $R_{q min}$, опору теплопередачі непрозорих огороджувальних конструкцій, світлопрозорих огороджувальних 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]

$$\sum Q_{\text{втр}} = \sum Q_0 + \sum Q_o + \sum Q_{\text{инф}} + \sum Q_6, \text{ Вт} \quad (1.4)$$

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

ΣQ_{δ} – сумарні додаткові втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції, Вт;

$\Sigma Q_{in\phi}$ – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт;

ΣQ_{ϵ} – сумарні додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію, Вт.

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

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

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

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

$t_e, t_{z.p}$ – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °С ;

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

Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню

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

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

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

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

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

$\Sigma Q_{ndл}$ – 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

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

де $\Sigma Q_{ст}$ – 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

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

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

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

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

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

$n_{\text{в}}$ – 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]:

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

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

k_q – коефіцієнт витрати (для незахищених дверей 0,8) [14];

g – прискорення вільного падіння, $9,81 \text{ м/с}^2$ [14];

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, °С;

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

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

де G_{ep} - масова витрата зовнішнього повітря, що поступає через ворота, кг/с;
 c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С [14];
 t_g і $t_{z.p}$ - температура внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

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

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

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

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С;
 t_g , $t_{z.p}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;

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

$$G_{z.d} = b_{n.d} \cdot L_{n.d} \cdot v_{cp.n.d} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (1.15)$$

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

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

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

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

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

t_g і $t_{з.р}$ – 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

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

де N_l – потужність одного джерела освітлення, Вт;

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

$k_з$ – коефіцієнт завантаження освітлення;

n_l – кількість однотипних джерел освітлення.

Теплонадходження від сонячної радіації

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

де q_c , q_T – відповідно тепловий потік, що надходить через 1 м^2 скління, освітленого сонцем і перебуваючого в тіні, $\text{Вт}/\text{м}^2$ ($q_c=250 \text{ Вт}/\text{м}^2$; $q_T=100 \text{ Вт}/\text{м}^2$);

F_c , F_T – площі заповнення світлових прорізів, відповідно освітлених і затінених, м^2 ;

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

Сумарні теплонадходження

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

Визначення теплової потужності всієї будівлі

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

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

$\Sigma Q_{\text{тн}}$ - 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	$R_{\Sigma \text{пр}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$R_{q \text{min}}, \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
1	Стіни	0,95	4,0
2	Стеля	1,63	7,0
3	Вікна	0,75	0,9
4	Двері	0,6	0,7
5	Підлога	0,7	5,0

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

Розрахунок теплової потужності будівлі виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [15].

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	8
Температура зовнішнього повітря, °С	-25
Загальна площа зовнішніх стін, м ²	874
Загальна площа поверхні даху, м ²	920
Загальна площа вікон металопластикових, м ²	160
Загальна площа дверей, м ²	9
Загальна площа поверхні над підвалом, м ²	250
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	3150
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	80
Явні теплонадходження від людей, Вт	103
Номинальна потужність електроустаткування, Вт	9000
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	210
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	80
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні), м ²	80
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	0,95
Приведений опір теплопередачі для стелі, (м ² ·К)/Вт	1,63
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	0,7
Втрати теплоти через стіни,Вт	41400
Втрати теплоти через стелю,Вт	25398,77301
Втрати теплоти через двері,Вт	784
Втрати теплоти через вікна (металопластикові),Вт	9600
Втрати теплоти через підлогу, Вт	4285,714286
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	16208,64
Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	35261,3898
Сумарні тепловтрати, Вт	132938,5
Теплонадходження від людей, Вт	8240
Теплонадходження від електроустаткування, Вт	2493,45
Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	1512
Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	16800
Сумарні теплонадходження,Вт	29045,45
Теплова потужність будівлі,Вт	103893,0671
Розрахункові річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ, кВт	221753,1

1.9 Висновки до розділу

- 1) Дефектів в зовнішніх огорожуючих конструкціях виявлено не було.
- 2) Система теплопостачання в будівлі - централізована. Джерело – Сумська ТЕЦ. Дефектів виявлено не було.
- 3) Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано. Дефектів виявлено не було.
- 4) В будівлі встановлені лічильники обліку всіх енергетичних ресурсів. Лічильники повірені та знаходяться в роботі.
- 5) Виконано аналіз споживання енергетичних ресурсів та їх порівняння з нормативними показниками.

6) За допомогою термометра та далекоміра було виміряно температуру всередині приміщень будівлі та геометричні розміри будівлі. За допомогою універсального вимірювача було виміряно вологість повітря.

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

8) Виконано розрахунок теплової потужності будівлі, яка склала 103893,0671 Вт.

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 насосу для системи опалення будівлі

Теплові насоси – це пристрої, призначені для перенесення теплової енергії від джерела з низькою температурою, у напрямку теплоносія з вищою температурою [16]. Це означає, що дані агрегати здатні перетворювати низькопотенційне тепло води, повітря або ґрунту, а потім передавати його рідини, що циркулює в системах опалення або гарячого водопостачання [15]. Якщо ж говорити максимально спрощено, то тепловий насос переносить енергію від менш нагрітого тіла до більш нагрітого, завдяки чому температура останнього збільшується [16]. А основна цінність таких машин полягає в тому, що використовуючи альтернативні джерела енергії, вони дозволяють отримувати недороге та постійно доступне тепло без шкоди для навколишнього середовища [15]. Ця якість робить їх все більш затребуваними в усьому світі, зокрема – і в нашій країні [15].

Постійно зростаюча популярність даних агрегатів, як у побутовій, так і у виробничій сферах, обумовлена чималою кількістю переваг, якими вони мають. Головні переваги теплонасосів такі [16]:

- Простота експлуатації – цілком можна порівняти з легкістю використання звичайного домашнього кондиціонера;
- Економічність – для передачі в систему обігріву 1 кВт·год теплової енергії такому апарату потрібно витратити в середньому всього 0,2-0,35 кВт·год електричної енергії;
- Невибагливість до умов роботи – а також спрощення вимог до систем вентиляції приміщень та підвищення загального рівня їх пожежної безпеки;

- Багатофункціональність – що виявляється у можливості перемикання із зимового режиму опалення приміщень на літній режим кондиціювання повітря;
- Безшумність і відносна компактність.

Теплові насоси працюють за циклом Карно [17]:

Зовнішній блок → компресор [17].

Теплові насоси використовують енергію зовнішнього джерела [16]. У геотермальних теплових насосах – це енергія землі, що надходить із вертикальних або горизонтальних свердловин, у теплонасосах типу вода-вода використовується енергія води, а для повітряних теплових насосів – зовнішнє вуличне повітря. Компресор стискає теплоносій (фреон), виробляючи тепло і передаючи їх у конденсатор [16].

Компресор → конденсатор [17].

Через теплообмінник конденсатора вироблене тепло надходить у контур опалення [17].

Конденсатор → внутрішній блок [17].

Після передачі тепла фреон повертається в теплообмінник зовнішнього повітряного блоку або землю в геотермальному насосі або у воду теплонасоса вода-вода. Потім цикл повторюється [17].



Рисунок 2.1 – Принцип роботи теплового насоса [17]

У свою чергу, єдиним істотним недоліком теплових насосів всіх модифікацій є не надто висока температура води, що нагрівається, яка, як правило, не перевищує 50-60 оС. Тим не менш, навіть таких показників майже завжди вистачає для успішного функціонування низькотемпературних систем опалення, а також побутових мереж гарячого водопостачання.

2.1.2 Встановлення сонячних панелей

Сонячні батареї являються альтернативним, додатковим джерелом енергії. Їх використання дозволяє знизити енергетичну залежність від центральної електричної мережі і заощадити на оплаті електроенергії [18].

Сонячні батареї слугують для використання найбільш екологічно чистого джерела енергії. З їхньою допомогою тепла енергія сонця перетворюється в електричну. Сучасні технології не дозволяють повною мірою використовувати їх ККД, але вони добре служать в якості альтернативних, додаткових джерел енергії [18].



Рисунок 2.2 – Сонячні панелі [18]

Установку сонячних батарей можна зробити самостійно, не звертаючись за допомогою до монтажних організацій. Потрібно тільки слідувати рекомендаціям фахівців. Батареї повинні бути розміщені на сонячній стороні і не закриватись

високими деревами і будівлями. Кріплення батарей повинно забезпечувати можливість зміни їх положення і витримувати сильні пориви вітру.

Монтаж панелей можна розпочати відразу ж після придбання, тому що в комплект включається все необхідне обладнання [18]. На початковому етапі збирають каркас за допомогою болтів з діаметром 6 і 8 мм. Після цього каркас закріплюється на даху з використанням металевих квадратів. Вони створюють жорстку конструкцію і дозволяють закріпити панелі під потрібним кутом [18].

Після цього відбувається безпосереднє встановлення сонячних батарей, які закріплюють до каркаса за допомогою спеціальних шпильок. При монтажі батарей, поверхня каркаса повинна постійно контролюватися. Вона повинна залишатися плоскою, без спотворень - це попередить руйнування панелей [18].

Монтаж сонячних батарей вимагає ретельного планування та врахування кількох технічних факторів для забезпечення їхньої максимальної ефективності та безпеки. Ось основні рекомендації:

1) сонячні панелі повинні бути орієнтовані на південь (у Північній півкулі) для максимального сонячного випромінювання протягом дня.

2) Оптимальний кут нахилу панелей залежить від широти місця установки. Зазвичай для України кут нахилу має бути приблизно 30-40 градусів.

3) Під час вибору місця для панелей слід уникати будь-яких джерел тіні (дерева, будівлі, стовпи), оскільки навіть невелика тінь може суттєво знизити ефективність всієї системи.

4) Використовуються кріплення для даху (якщо встановлюєте на даху), наземні кріплення (якщо установка на землі) або спеціальні системи на фасадах будівель. Вибір кріплень залежить від матеріалу даху або типу поверхні.

5) Конструкція повинна бути достатньо міцною, щоб витримувати вітрові та снігові навантаження для вашого регіону. Особливу увагу варто приділити міцності даху та його несучій здатності.

6) Потрібно забезпечити достатній простір між сонячними панелями та поверхнею, на якій вони встановлені, для забезпечення природної вентиляції та охолодження, що підвищує ефективність роботи.

Перед початком монтажу важливо отримати всі необхідні дозволи від місцевих органів влади або енергопостачальника. Якщо ви плануєте продавати надлишкову електроенергію в мережу, потрібні додаткові погодження.

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 [19]:

- потужність – 85 кВт;
 - резервування – вбудований, двохступінчастий;
 - температура подачі теплоносія в систему опалення – до 70⁰С;
 - температура зворотнього теплоносія – 50⁰С;
 - циркуляційні насоси (один резервний);
 - основні розміри: висота – 2100 мм; ширина – 900 мм; глибина – 800 мм; вага – 350 кг.
- електромережа – 380 В;
 - дисплей – цвітний.



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд теплового насоса типу NIBE [19]

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 [19]

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^oC 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 $K = 990000$ грн [19].

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:

$$E_{опал} = 4101,43 \cdot 121,9 = 499964,3 \text{ грн.}$$

Розрахуємо річну економію коштів після впровадження заходу:

- Необхідна потужність теплового насосу $\Delta Q = 103893,0671$ кВт.
- циркуляційні насоси споживають $W_{ц.н.} = 3100$ 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 – тепла енергія яку виробив насос;

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

Тоді:

$$W_{Т.Н.} = \frac{\Delta Q}{COP} = \frac{103893,0671}{4,5} = 23087,3 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

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.

$$W = 23087,3 + 3100 = 26187,3 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

В грошовому еквіваленті:

$$E_{елект} = 26187,3 \cdot 6,2 = 162361,3 \text{ грн}.$$

Грошова економія складе:

$$\Delta E = 499964,3 - 162361,3 = 337603 \text{ грн / рік.}$$

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{990000}{337603} = 2,9 \text{ роки.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [20].

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 2.1

Таблиця 2.1 – 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	-990000	-990000		1		
1	0	337603	-652397	0,820	276724	-713276
2	0	337603	-314794	0,672	226823	-486453

Продовження таблиці 2.1

3	0	337603	22809	0,551	185920	-300533
4	0	337603	360412	0,451	152394	-148139
5	0	337603	698015	0,370	124913	-23227
6	0	337603	1035618	0,303	102388	79161
7	0	337603	1373221	0,249	83924	163085
8	0	337603	1710824	0,204	68790	231876
9	0	337603	2048427	0,167	56386	288261
10	0	337603	2386030	0,137	46218	334479

Дисконтований термін окупності згідно [20]:

$$PP = 5 + \frac{990000 - 966773}{102388} = 5,2 \text{ роки..}$$

2.2.2 Встановлення сонячних панелей

Для забезпечення будівлі електричною енергією для потреб освітлення та роботи насосної групи виконаємо розрахунок сонячних панелей. Для забезпечення будинку необхідною кількістю електричної енергії для потреби систем освітлення необхідно приблизно 100 кВт/добу.

Методика розрахунку наведена в [21]

Принципова схема встановлення сонячних панелей наведена на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Принципова схема встановлення сонячної електростанції [22]

Обираємо сонячні панелі RSM110-8-545М (рис.2.6) [23].

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

$$W_3^{зар} = 100 \cdot 1,1 = 110 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}$$



Рисунок 2.6 – Вигляд сонячної панелі [23]

Потужність електричної енергії, що виробляється за допомогою однієї панелі:

$$W_3 = 0,5 \cdot 0,545 = 0,3 \text{кВт} \cdot \text{год} / \text{добу},$$

0,5 – поправковий коефіцієнт для зимового періодів відповідно [21];

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

Необхідна кількість панелей згідно [21]:

$$N = \frac{W^{зар}}{W} \tag{2.3}$$

Для зимового періоду:

$$N_3 = \frac{110}{0,3} = 367 \text{панелі}.$$

Отже, для задоволення потреб у електроенергії необхідно встановити 367 фотоелектричних панелей.

Розміри фотоелектричної панелі складають 1096x2384 мм [22].

Необхідну ємність акумулятора знайдемо за формулою [21]:

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

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

V - напруга, В;

k – коефіцієнт використання акумулятора.

$$Q = \frac{110 \cdot 12}{12 \cdot 0,7} = 157 \text{ A} \cdot \text{год.}$$

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 $K = 2989215$ грн [22].

Розрахуємо термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

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

$$C = 110 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу} \times 365 \text{ днів} \cdot = 40150 \text{ кВт} \cdot \text{год за рік};$$

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 6,2 \cdot 40150 = 248930 \text{ грн}$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{2989215}{248930} = 12 \text{ років.}$$

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 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 2.7 згідно [24].

Таблиця 2.7 – Капітальні витрати на впровадження даного заходу [24]

ПОСЛУГА	ТЕРМІН	ЦІНА
Розробка проекту артезіанської свердловини	20 днів	8000 грн
Розробка проекту	30 днів	3500 грн
Розробка паспорта на свердловину	10 днів	2500 грн
Отримання дозволу на спеціальне водокористування	80 днів	3500 грн

Продовження таблиці 2.7

<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. 	7 днів	40000 грн
Загальні витрати		57500 грн

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

$$\Delta E = 476 \cdot 15,98 = 7606,5 \text{ грн / рік}$$

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{57500}{7606,5} = 7,6 \text{ року.}$$

Визначимо дисконтований термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

Методика розрахунку наведено в [20].

Цей проект спрямований на альтернативне забезпечення будівлі холодною води шляхом буріння скважини.

На основі проведених розрахунків робимо фінансовий аналіз буріння скважини для холодної води.

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.8

Таблиця 2.8 – 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	-57500	-57500		1		
1	0	7606,5	-49893,5	0,909	6915	-50585
2	0	7606,5	-42287	0,826	6286	-44299
3	0	7606,5	-34680,5	0,751	5715	-38584
4	0	7606,5	-27074	0,683	5195	-33388
5	0	7606,5	-19467,5	0,621	4723	-28665
6	0	7606,5	-11861	0,564	4294	-24372
7	0	7606,5	-4254,5	0,513	3903	-20468
8	0	7606,5	3352	0,467	3548	-16920
9	0	7606,5	10958,5	0,424	3226	-13694
10	0	7606,5	18565	0,386	2933	-10761
11	0	7606,5	26171,5	0,350	2666	-8095
12	0	7606,5	33778	0,319	2424	-5672
13	0	7606,5	41384,5	0,290	2203	-3468
14	0	7606,5	48991	0,263	2003	-1465
15	0	7606,5	56597,5	0,239	1821	356
16	0	7606,5	64204	0,218	1655	2011

Дисконтований термін окупності згідно [18]:

$$PP = 14 + \frac{57500 - 56035}{1821} = 14,8 \text{ років.}$$

2.3 Висновки за розділом

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

Підвищення енергонезалежності адміністративної будівлі є важливим кроком до зменшення витрат на енергоресурси та підвищення стійкості будівлі до енергетичних криз або відключень. Впровадження відновлюваних джерел енергії, підвищення енергоефективності та використання сучасних технологій моніторингу та управління енергоспоживанням дозволять зробити будівлю більш автономною та екологічно безпечною.

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 [25]:

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 [24].

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 [25].

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 [25]:

- 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 втоми 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 [25]:

- 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 [25]:

- 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 вентиляції для офісного приміщення

Припустимо, що площа офісного приміщення становить 100 м², а висота приміщення – 3 м, і в ньому працюють 10 осіб.

За нормами 50 м³/год на одну людину [26].

1) Кількість повітря для забезпечення необхідної кратності обміну:

$$L = 10 \cdot 50 = 500 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для даного об'єму повітря вибираємо установку типу VENTS ВУТ 500 ПЕ.

Основні характеристики даної установки :

- Продуктивність: 500 м³/год.
- Тип: Припливно-витяжна установка з рекуперацією.
- Рекуперація: Ефективність до 85%.
- Рівень шуму: 44 дБ.
- Особливості: Простота монтажу, економічність, висока ефективність рекуперації тепла.

ВИСНОВКИ

Об'єктом енергетичного обстеження була адміністративна будівля АТ «Сумиобленерго».

Будівля знаходиться в м. Суми, за адресою вул. Івана Сірка, 7-А.

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 теплової енергії, електричної енергії та холодної води.

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

Виконано розрахунок теплової потужності будівлі, яка склала 103893,0671 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 – 990000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 337603 грн; термін окупності заходу – 2,9 років, дисконтований термін окупності – 5,2 роки).

2) Встановлення сонячних панелей (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 2989512 грн; економія в грошовому еквіваленті – 248930 грн; термін окупності заходу – 12 років).

3) Буріння свердловини на воду (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 57500 грн; економія в грошовому еквіваленті – 7606,5 грн; термін окупності заходу – 7,6 року , дисконтований термін окупності – 14,8 роки).

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергетика під час війни в Україні [електронний ресурс] Режим посилання: <https://uba.ua/ukr/events/4275>
2. Україна тримає курс на енергоефективну та «зелену» трансформацію, навіть попри виклики війни [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.kmu.gov.ua/news/ukraina-trymaie-kurs-na-enerhoefektyvnu-ta-zelenu-transformatsiiu-navit-popry-vyklyky-viiny>
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 електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання:
6. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: https://ectc.com.ua/schetchiki-vody/schetchik-holodnoj-vody-mnogostrujnyj-suhohod-baylan-tk?gclid=CjwKCAjw3624BhBAEiwAkxgTOueM53vxfvRn_2p89jG7tf-xRMss2tOifofe9q-MdntjVWQNo_u-IhoCdEQQAuD_BwE
7. Термометр [електронний ресурс] Режим посилання: https://maudau.com.ua/product/termometr-skloprylad-p-3-bilyi-300187?gad_source=1&gclid=CjwKCAjw3624BhBAEiwAkxgTONlclgf0SwRADP4fV6raGVh-o53d960bOWH8PNkE2h2LVe1Pm0uxsxoCS80QAuD_BwE
8. Прилад для вимірювання вологості [електронний ресурс] Режим посилання: <https://neva.kiev.ua/uk/articles/pribori-dlya-izmereniya-urovnya-vlazhnosti.html>
9. Далекомір [електронний ресурс] Режим посилання: https://tehnoshok.com.ua/lazernyi-dalekomir-bosch-glm-40-0601072900/?gclid=CjwKCAjw2K6lBhBXEiwA5RjtCbCZej5qVVBuY7L-7dnLATRGilxL-mhNS41hE1tWpXGuXKNyTAf3IBoC5dcQAuD_BwE

10. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. 01.12.1999. Київ-150 с.
11. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство розвитку громад, 2022. – 23 с.
12. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>
13. 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.
14. 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
15. Текстовий редактор «Ексель» [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.office.com/launch/Excel?ui=ru-RU&rs=RU&auth=1>
16. Теплові насоси [електронний ресурс] Режим посилання: <https://modernsys.com.ua/uk/chto-takoe-teplovoy-nasos-kakie-byvayut-teplovye-nasosy-i-princyp-ih-raboty..html>
17. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: <https://alterair.ua/stati/teplovoy-nasos/>
18. Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання: https://hexagon-energy.com.ua/ua/articles/46.osnovnie_pravila_ustanovki_solnechnih_batarey
19. Теплові насоси типу «Найб» [електронний ресурс] Режим посилання: <https://ekonomteplo.com.ua/teplovi-nasosy/nibe/>
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. Курсова робота з дисципліни «Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії на тему «Проект енергоефективного будинку та систем його енергозабезпечення, розташованого в Сумській області».

22. Мережева сонячна електростанція [електронний ресурс] Режим посилання: <https://sun-energy.com.ua/solar-power/solar-power-plants/biudzhetna10kwt>

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

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

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

ДОДАТОК А

Акт меж розподілу відповідальності за стан та обслуговування теплових мереж

"Затверджую"
Директор
з забезпечення діяльності
АТ "Сумиобленерго"
Ванков С.В.
2020р.

"Затверджую"
Заступник директора
з теплових мереж та котельнь
ТОВ "Сумитеплоенерго"
Кавишвили Н.Г.
2020р.

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

ТОВ "Сумитеплоенерго" та АТ "Сумиобленерго", вул. Івана Сірка, 7

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

Червоним кольором позначені теплові мережі: ТОВ "Сумитеплоенерго"
Синім кольором позначені теплові мережі: АТ "Сумиобленерго"

Головний інженер ЦТМіК ТОВ "Сумитеплоенерго"
Відповідальний за теплозабезпечення
АТ "Сумиобленерго"
Муштай В.О.

Ралько В.В.
Муштай В.О.