

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 енергетичної ефективності систем енергозабезпечення адміністративної будівлі ТОВ «Шелфі»»

Здобувачки групи ЕМ.м-32
(шифр групи)

Прокопової Марини Максимівни
(прізвище, ім'я, по батькові)

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

(підпис)

Марина ПРОКОПОВА

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

доц.к.т.н. Сергій ХОВАНСЬКИЙ
(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**

здобувачки _____ Прокопової Марини Максимівни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: Підвищення енергетичної ефективності систем енергозабезпечення адміністративної будівлі ТОВ "Шелфі"

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 55 сторінок, 13 рисунків, 8 таблиць, 1 додаток, 23 літературних джерела.

Метою роботи є розроблення заходів для підвищення енергетичної ефективності систем енергозабезпечення адміністративної будівлі ТОВ «Шелфі» та розрахувати економічну доцільність їх запровадження.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі*:

- дослідження та аналіз фактичного стану будівлі;
- визначення основних напрямків, де можна модернізувати системи енергоспоживання;
- виконати інженерно-економічні розрахунки, які необхідні для обраного напрямку модернізації;

Предметом дослідження в роботі є системи енергозабезпечення адміністративної будівлі ТОВ «Шелфі».

Об'єкт дослідження: адміністративна будівля ТОВ «Шелфі».

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

Тема роботи – Підвищення енергетичної ефективності систем енергозабезпечення адміністративної будівлі ТОВ «Шелфі».

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	10
1.3.1 Система тепlopостачання	10
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	13
1.4 Опис методів та приладів для проведення вимірювань.....	13
1.5 Аналіз результатів вимірювання.....	14
1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води	14
1.6.1 Аналіз обсягів споживання електроенергії	14
1.6.2 Аналіз обсягів споживання води	16
1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.....	17
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	17
1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання води.....	18
1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі.....	19
1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання.....	19
1.8.2 Розрахунок тепловтрат будівлі.....	22
1.8.3 Розрахунок теплонадходжень.....	26
1.9 Висновки за розділом.....	31
2. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	33
2.1 Опис можливих енергозбережних заходів.....	33

2.1.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі.....	33
2.1.2 Встановлення сонячних панелей на даху будівлі.....	35
2.1.3 Встановлення систем акумулювання енергії.....	37
2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів	37
2.2.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі.....	37
2.2.2 Встановлення автономної сонячної електростанції.....	41
2.2.3 Встановлення систем акумулювання енергії	44
2.3 Висновки за розділом.....	46
3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	47
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження.....	47
3.2 Основні заходи для зниження ризиків для працівників в досліджуваній будівлі.....	49
3.3 Розрахунок аварійного освітлення.....	49
ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52
ДОДАТОК А	55

ВСТУП

Використання енергетичних ресурсів і енергозберігаючі технології ось уже кілька десятиліть залишаються надзвичайно актуальними. І це не просто данина моді, а дійсно вимога часу, особливо важлива на тлі постійного зростання вартості енергоресурсів та масованих терористичних атак на об'єкти енергетичної інфраструктури нашої країни [1].

Перше, що спадає на думку при слові «енергозбереження» це обмеження споживання енергетичних ресурсів. Але крім поняття «енергозбереження» існує також інше поняття – «енергоефективність». Остання, на відміну від енергозбереження, фокусується не на економії енергоспоживання, а на його оптимальному використанні [1].

Енергоефективність – це раціональне споживання усіх енергетичних ресурсів спрямоване на зменшення їх використання і при цьому забезпечення домогосподарств та технологічних процесів тією ж кількістю енергії і таким же рівнем комфорту [1].

Інакше кажучи, енергоефективність – це розсудливе та доцільне використання енергетичних запасів (природного газу, річкової і морської води, вітру, нафти, вугілля, тощо), не відмовляючи собі в звичних зручностях, таких як тепло, освітлення чи приготування їжі [1]. І водночас, це спосіб зменшити викиди шкідливих парникових газів за рахунок скорочення виробництва енергії. Адже менше виробництво енергії означає менше забруднення та менше руйнування природного середовища [1].

Підвищення енергоефективності та раціональне використання наявних енергетичних ресурсів – це також реальне джерело заощаджень. Адже чим менше енергії ми витрачаємо, тим меншу суму сплачуємо [1].

Ефективність енергозбереження у виробництві досягається зі зростанням використання наявних енергетичних потужностей підприємства, оновленням основних засобів, застосуванням ефективного менеджменту, запровадженням сучасних менш енергоємних технологій виробництва, застосуванням нових видів

енергії та енергоносіїв. Перехід на нові джерела енергії зумовлений значним скороченням вичерпних запасів енергії у світі та Україні зокрема [2].

Оптимальним із позиції енергозбереження та дотримання енергетичної, а отже, й економічної ефективності виробництва, для підприємств буде обсяг продукції, за якого граничні витрати енергоресурсів на його виробництво дорівнюють граничній енергоцінності виробленої продукції. Це означає, що у виробничому процесі збільшення енерговитрат виправдане до тих пір, поки вони не перевищать величину енергоцінності продукції, отриманої від їх використання, що забезпечить конкурентоспроможність продукції підприємства [2].

Об'єктом енергетичного обстеження є адміністративна будівля ТОВ «Шелфі», що знаходиться за адресою м. Суми вул. Воскресенська, 13а.

Призначенням даного енергетичного обстеження є оцінка реального стану систем енергозабезпечення будівлі та розробка відповідних заходів для їх підвищення рівня енергоефективності.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є адміністративні приміщення ТОВ «Шелфі».

Дані нежитлові приміщення знаходяться за адресою вул. Воскресенська, 13а.

Знаходиться на першому поверсі 2-х поверхової будівлі.

Рік побудови даної будівлі - 1980 році.

Зовнішній вигляд фасаду будівлі зображений на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд фасаду будівлі

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

- площа приміщень 420 м².
- опалювальна площа 150 м²;
- опалювальний об'єм 385 м³;

Кількість працівників, які знаходяться в приміщенні на момент обстеження – 15 чоловік.

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Зовнішні стіни виконані з цегли, товщиною 510 мм та вкриті декоративною штукатуркою.

Внутрішні стіни виконані з цегли, товщиною 380 мм, вкриті штукатуркою, та покриті шпаклівкою.

Перекриття – монолітні залізобетонні плити, товщиною 220 мм.

Покриття – залізобетонні плити товщиною 220 мм, цементно-піщана стяжка, плитка.

Вікна – пластиковий склопакет в спареному плетінні.

Вхідні та запасні двері – металопластикові.

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

Дана будівля має централізовані системи електропостачання, водопостачання та водовідведення.

Система опалення – автономна.

Гаряче водопостачання в будівлі відбувається від електричного водопідігрівача, який встановлено в санвузлі..

1.3.1 Система опалення

Будівля має автономну систему опалення. В якості обігрівачів використовуються масляні електричні реєстри.

Вони просто встановлюються, легко обслуговуються, коштують недорого, а в побуті показують себе з кращого боку [3]:

- ефективно працюють на обігрів;
- підтримують постійну температуру;
- безшумні;

- мають сучасний дизайн.



Рисунок 1.2 – Масляний обігрівач [3]

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії є ТОВ «Енера-Суми» на підставі Договору про постачання електричної енергії № 7896. Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-453, що знаходиться неподалік від будівлі.

Основне електроспоживаюче обладнання наведено в таблиці 1.1/

Таблиця 1.1 – Основне електроспоживаюче обладнання

Назва приладу	Кількість, шт.	Одинична потужність, кВт
Комп'ютер	2	0,5
Електричний чайник	1	2
Спліт система	3	5
Люмінісцентні лампи	15	0,03

Продовження таблиці 1.1

Холодильник (NORD -210)	1	0.4
Мікрохвильва піч	1	2

1.3.3 Система водопостачання

Водопостачання будівлі здійснюється централізовано КП «Міськводоканал» СМР на підставі Договору № 261.

Вода до будинку подається по металевій трубі Ø 50 мм зі сторони вул. Воскресенська. Водовідведення в будівлі – централізоване.

Трубопроводи холодної води по будівлі виконані з металопластику Ø 20 мм. В санвузлі встановлені сучасний змішувач та змивний бачок.

Основними споживачами води є працівники та відвідувачі будівлі.

1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування

Система вентиляції приміщень – механічна.

1.3.5 Система обліку споживання енергетичних носіїв

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником активної енергії типу НІК (рис. 1.3), термін повірки якого 26 серпня 2023 р.



Рисунок 1.3 – Лічильник електричної енергії [4]

Облік холодної води здійснюється лічильником типу NOVATOR (рис.1.4).



Рисунок 1.4 – Лічильник обліку холодної води [5]

Термін повірки – 24 квітня 2024 року.

Встановлений в санвузлі.

Зняття показань лічильника виконують з періодичністю не частіше одного разу на місяць.

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 03.11.2024 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають (з ПДВ):

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 приміщень використовувалась вимірювальна рулетка.

1.5 Аналіз результатів вимірювання

Вимірювання проводилось 04.11.2024 р. Температура зовнішнього повітря становила: 1°С.

Вимірювані параметри склали:

1) середня температура повітря по кімнатах будівлі склала $T_{в} = 22$ °С, що відповідає санітарним вимогам [7].

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

1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води

На об'єкті ведеться щомісячний облік споживання електричної енергії та холодної води.

1.6.1 Аналіз обсягів споживання електроенергії

Помісячне споживання електричної енергії у 2021, 2022 та 2023 роках наведено в таблиці 1.2 та на рисунку 1.5 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку електроенергії об'єкта.

Таблиця 1.2 – Величина споживання електричної енергії за 2021 – 2023 роки

Місяці	2021 рік, кВт·год	2022 рік, кВт·год	2023 рік, кВт·год
Січень	5510	5450	5140
Лютий	4130	2350	4540
Березень	3930	200	3420
Квітень	2560	350	2980
Травень	950	400	860
Червень	850	650	790
Липень	860	620	810
Серпень	955	1190	890
Вересень	1100	1260	1230
Жовтень	2500	2980	2770
Листопад	3500	2460	4250
Грудень	5200	5000	5050
Всього	32045	22910	32730

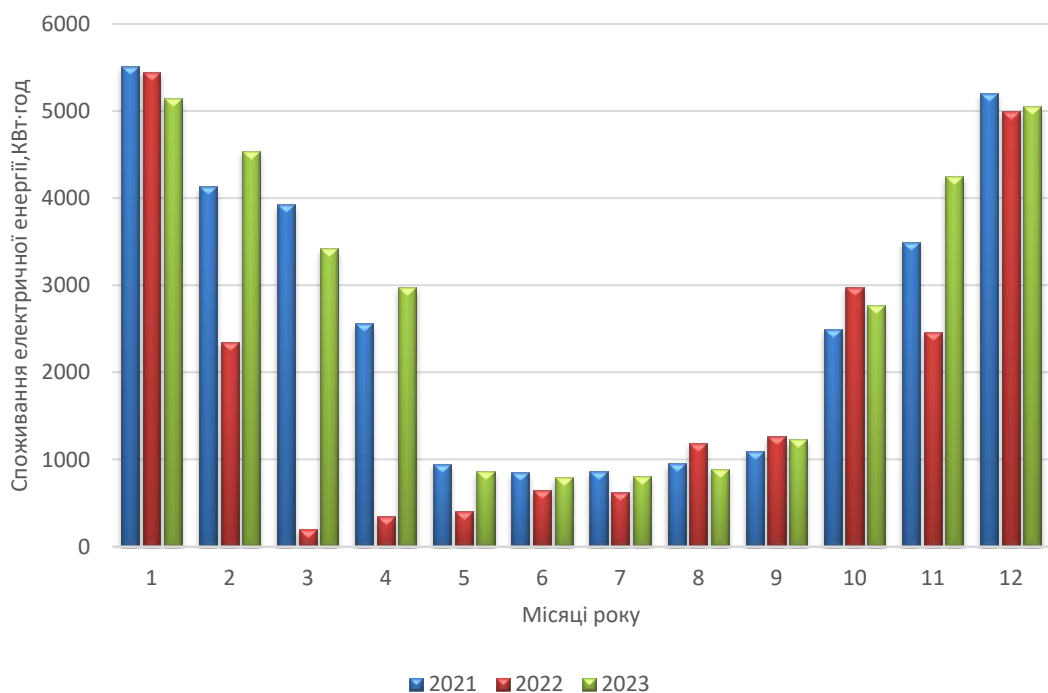


Рисунок 1.5 – Діаграма споживання електричної енергії за 2021-2023 роки

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

1.6.2 Аналіз обсягів споживання води

Помісячне споживання води у 2021, 2022 та 2023 роках наведено в таблиці 1.3 та на рисунку 1.6 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку води об'єктів.

Таблиця 1.3 – Споживання холодної води за 2021-2023 роки

Місяці	2021 рік, м ³	2022 рік, м ³	2023 рік, м ³
Січень	34	35	33
Лютий	31	32	30
Березень	28	1	27
Квітень	26	1	23
Травень	19	6	19
Червень	18	9	19
Липень	15	12	22
Серпень	23	16	21
Вересень	26	26	25
Жовтень	29	22	27
Листопад	34	31	31
Грудень	33	26	30
Всього	316	217	307

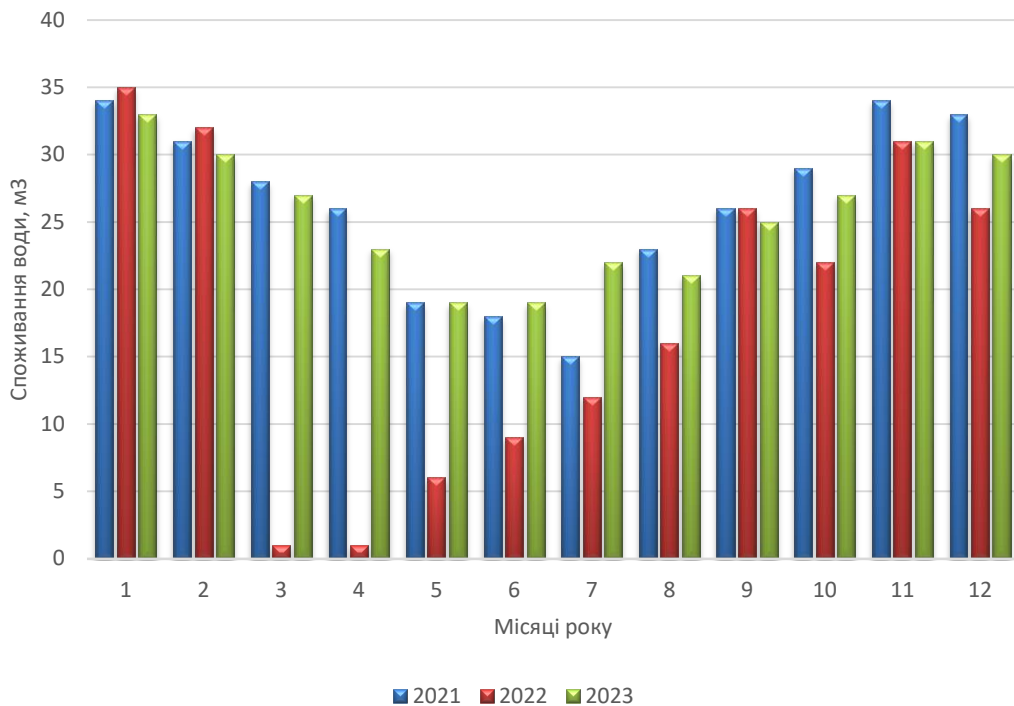


Рисунок 1.6 - Діаграма споживання води за 2021-2023 роки

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 березні та квітні 2022 році. Це пояснюється повномасштабним вторгненням росії в Україну.

1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності

1.7.1 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 [8] 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:

$$\text{- 2021 рік: } \frac{32045 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{150} = 214 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2022 рік: } \frac{22910 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{150} = 153 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2023 рік: } \frac{32730 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{150} = 218 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2.$$

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

1.7.2 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.

$$\text{- 2021 рік } \left(\frac{306000}{30} \right) / 365 = 27,9 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2022 рік } \left(\frac{217000}{30} \right) / 365 = 19,8 \text{ л/добу};$$

$$\text{- 2023 рік } \left(\frac{307000}{30} \right) / 365 = 28 \text{ л/добу}.$$

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

Для наочності і пошуку можливих джерел економії фінансових коштів наведемо діаграму вартості спожитих електричної енергії та води за 2023 рік. Дана діаграма зображена на рисунку 1.9.

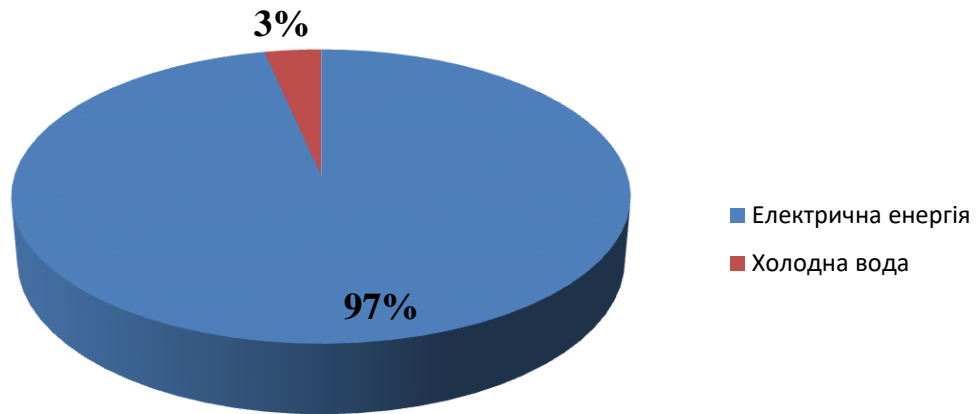


Рисунок 1.7 – Вартість спожитої електричної енергії та води за 2023 рік

Як видно з діаграми, найбільше коштів витрачається на оплату спожитої електричної енергії.

1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі

Розрахунки системи енергопостачання будівлі виконано згідно методики [10].

1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання

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

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

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

де $R_{\Sigma np}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Wt$;

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

Мінімально допустиме значення, $R_{q \min}$, опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт житлових та громадських будинків встановлюється згідно з [10] залежно від температурної зони експлуатації будинку.

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, $Wt/(m \cdot K)$, що приймають згідно [10];

Приведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma np}$, $m^2 \cdot K/Wt$, непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.1) 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_B – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожуючої конструкції, приймаємо $\alpha_B = 8,7 \frac{Wt}{m^2 \cdot K}$ - для стін, підлоги, гладких стель, (для

вікон $\alpha_B = 8 \frac{Wt}{m^2 \cdot K}$) [11].

α_3 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції, для зовнішніх стін та вікон $\alpha_3 = 23 \frac{Вт}{М^2 \cdot К}$ [10].

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації що приймають згідно [10];

δ – товщина огорожуючої конструкції, м;

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, $(м^2 \cdot К)/Вт$;

Опір теплопередачі заповнень світлових прорізів (вікон) приймається згідно [10];

При розрахунках термічного опору, розрахункові дані такі як, λ_p , підбираємо як для сухого режиму.

Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі, яка обстежується, отримані відповідно до методики наданій у документації [11] та представлені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	$R_{\Sigma np}, \frac{М^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q \min}, \frac{М^2 \cdot К}{Вт}$
1	Зовнішні стіни	0,96	4,0
2	Підлога	0,72	5,0
3	Вікна	0,6	0,9
4	Двері	0,6	0,7

Отримані результати ($R_{\Sigma np} \ll R_{q \min}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [11, табл.3]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій.

1.8.2 Розрахунок тепловтрат будівлі

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

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень

$$\Sigma Q_{emp} = \Sigma Q_0 + \Sigma Q_{\delta} + \Sigma Q_{inf}, \text{ Вт} \quad (1.4)$$

де: ΣQ_0 – сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції будівлі, Вт;

ΣQ_{δ} – сумарні додаткові втрати теплоти огорожуючі конструкції, Вт;

ΣQ_{inf} – сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря, Вт.

Тепловтрати через огорожуючі конструкції будівлі (стіни, світлові й дверні прорізи, стелі, неутеплені підлоги):

$$Q_0 = \frac{F_{ozp}}{R_0} \cdot (t_6 - t_3) \cdot n, \text{ Вт} \quad (1.5)$$

де: F_{ozp} – розрахункова площа поверхні огорожуючої конструкції, м²;

R_0 – опір теплопередачі огорожуючої конструкції (за результатами проведених розрахунків R_{qmin}), м²·°C/Вт;

t_6, t_3 – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °C;

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожуючої конструкції відносно зовнішнього повітря, [10].

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції визначаються за формулою:

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_{cm} + \Sigma Q_{вкн} + \Sigma Q_{з.д} + \Sigma Q_{ндл}, \text{ Вт} \quad (1.7)$$

де: ΣQ_{cm} – сумарні втрати теплоти через зовнішні огороження, обчислені по кожному приміщенню, Вт;

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

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

$\Sigma Q_{ндл}$ – сумарні втрати теплоти через неутеплені підлоги, обчислені по кожному приміщенню з такими підлогами, Вт.

Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожуючі конструкції

Додаткові втрати тепла через огорожуючі 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

$$Q_{op}^{\partial} = Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (1.8)$$

де: Q_{cm} – тепловтрати через кожну зовнішню стіну приміщень, Вт;

β_{op} – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу:

Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін будинку, незалежно від орієнтації, приймати $\beta_{op}=0,08$ – при одній зовнішній стіні в приміщенні, і $\beta_{op}=0,13$ – при двох і більше зовнішніх стін у приміщенні.

Додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей

$$Q_{3.d}^{\circ} = Q_{3.d} \cdot \beta_{\text{відкр}}, \text{ Вт} \quad (1.9)$$

де: $Q_{3.d}$ - втрати теплоти через зовнішні двері (ворота), Вт;

$\beta_{\text{відкр}}$ – коефіцієнт добавки на відкривання дверей.

Додаткові тепловтрати по висоті приміщення

Додаткові тепловтрати по висоті приміщення розраховуються для тих приміщень у яких висота стелі перевищує 4 м. Для сходових клітин цей вид тепловтрат не враховується.

$$Q_e^{\circ} = 0,02 \cdot Q_{cm}, \text{ Вт} \quad (1.11)$$

де Q_{cm} – втрати теплоти через стіни, Вт.

Тоді сумарні тепловтрати по висоті приміщень

$$\sum Q_e^{\circ} = \sum_i^n Q_{i.e}^{\circ}, \text{ Вт} \quad (1.12)$$

де $Q_{i.e}^{\circ}$ – втрати теплоти по висоті, по кожному приміщенню, Вт;

n – кількість приміщень, для яких розраховано значення $Q_{i.e}^{\circ}$.

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції:

$$\sum Q_{\partial}^{\circ} = \sum Q_{op}^{\circ} + \sum Q_{3.d}^{\circ} + \sum Q_{\text{пдл}}^{\circ}, \text{ Вт} \quad (1.13)$$

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

$\sum Q_{3.d}^{\circ}$ – сумарні додаткові тепловтрати на відкривання зовнішніх дверей, Вт;

$\sum Q_{\text{пдл}}^{\circ}$ – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, Вт.

Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G_{\text{н.вкн}} \cdot F_{\text{вкн}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n_{\text{в}}, \text{ Вт} \quad (1.14)$$

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

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

$G_{\text{н.вкн}}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огороження, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, (Таблиця 13);

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

$n_{\text{в}}$ – кількість однотипових вікон.

Сумарні тепловтрати через нещільності світлових прорізів

$$\sum Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = \sum_i^n Q_{i.\text{вкн}}^{\text{інф}}, \text{ Вт} \quad (1.15)$$

де: $Q_{i.\text{вкн}}^{\text{інф}}$ – втрати теплоти на інфільтрацію, обчислені по кожному світловому прорізу в приміщенні, Вт;

n – кількість світлових прорізів, для яких розраховано значення $Q_{i.\text{вкн}}^{\text{інф}}$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через дверні прорізи

$$Q_{\text{з.д}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G_{\text{з.д}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}), \text{ Вт} \quad (1.16)$$

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

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

$G_{\text{з.д}}$ – кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність дверного прорізу, $\text{кг}/\text{год}$

$$G_{\text{з.д}} = b_{\text{н.д}} \cdot L_{\text{н.д}} \cdot v_{\text{ср.н.д}} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (1.17)$$

де: $b_{н.д}$ – ширина встановленої дверної нещільності (приймається 0,005 м);

$L_{н.д}$ – загальна довжина нещільності дверного прорізу, м;

$v_{ср.н. д}$ – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільності дверного прорізу за результатами виконаних вимірів (приймається 0,5 м/с);

m_n – маса 1 м³ повітря, рівна 1,3 кг.

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\Sigma Q_{инф} = \Sigma Q_{вкн}^{инф} + \Sigma Q_{з.д}^{инф}, \text{ Вт} \quad (1.18)$$

У підсумку проведених розрахунків за результатами дискретного визначення тепловтрат у приміщеннях обстежуваної будівлі визначається сумарне розрахункове значення тепловтрат $\Sigma Q_{втр}$ по формулі (1.7)

1.8.3 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \text{ Вт} \quad (1.19)$$

де: q_l – явні теплонадходження від людей, Вт; [10]

n_l – кількість людей.

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 (лампи розжарення – $k_{осв}= 0,95$);

k_3 – коефіцієнт завантаження освітлення (за умовою завдання до курсової роботи);

n_l – кількість однотипних джерел освітлення.

Сумарні теплонадходження

$$Q_{тн} = Q_l + Q_{ел} + Q_{осв} + Q_{рад} + Q_m, \text{ Вт} \quad (1.21)$$

Визначення теплової потужності всієї будівлі

$$\Delta Q = \Sigma Q_{втр} - \Sigma Q_{тн}, \text{ Вт} \quad (1.22)$$

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

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

Представлення результатів розрахунку тепловтрат будівлі

Тепловтрати через огорожуючі конструкції обстежуваних мною приміщень відбуваються тільки через зовнішні стіни, підлогу та вікна. Через перекриття тепловтрати враховувати не будемо, так як на 2-му поверсі знаходиться приміщення іншої компанії. Температура повітря в даних приміщеннях у складає $t=21$ °С.

Тепловтрати через зовнішні стіни розраховуємо формулою (1.5).

$$Q_{cm} = \frac{229,4}{0,92} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 11220,6 \text{ Вт} .$$

Тепловтрати через підлогу розраховуємо за формулою (1.5). Під даними приміщеннями знаходиться опалювальний підвал. Температура на момент обстеження в ньому складала $+9^{\circ}\text{C}$.

$$Q_{стел} = \frac{210}{0,72} \cdot (9 + 25) \cdot 1 = 9916,2 \text{Вт}.$$

Тепловтрати через вікна розраховуємо за формулою (1.5).

$$Q_{ок} = \frac{20}{0,6} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 1500 \text{Вт}.$$

Тепловтрати через двері розраховуємо за формулою (1.5).

$$Q_{дв} = \frac{5,6}{0,6} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 420 \text{Вт}.$$

Сумарні втрати теплоти через огороджуючі конструкції становлять:

$$\sum Q_0 = 11220,6 + 9916,2 + 1500 + 420 = 23056,8 \text{Вт}.$$

Додаткові тепловтрати через огороджуючі конструкції:

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків:

$$Q_{оп}^{\partial} = 11220,6 \cdot 0,13 = 1458,7 \text{Вт},$$

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташованими на ґрунті або над холодними підвалами

$$\Sigma Q_{\text{одл}}^{\text{д}} = 0,05 \cdot 9916,2 = 495,8, \text{ Вт}$$

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції становить:

$$\Sigma Q_{\text{д}} = 1458,7 + 495,8 = 1954,5 \text{ Вт}.$$

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщення становлять:

$$\Sigma Q_{\text{втр}} = 23056,8 + 1954,5 = 25011,3 \text{ Вт}.$$

Графічне зображення тепловтрат приведено на рисунку 1.8.

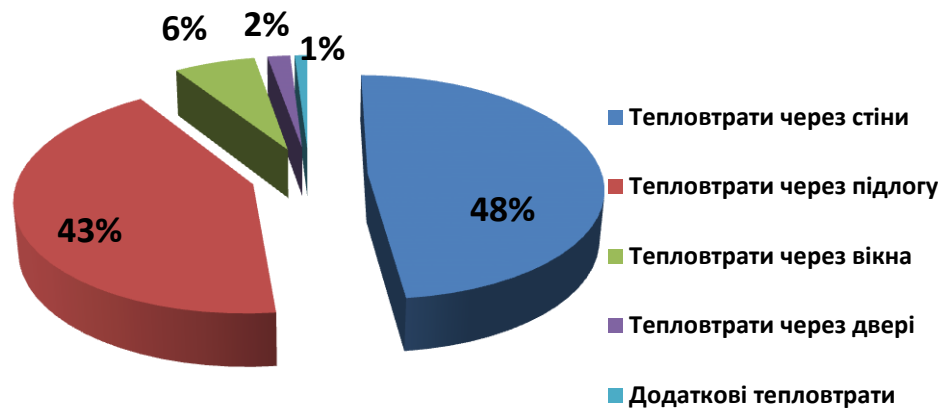


Рисунок 1.8 – Види тепловтрат в будівлі

Представлення результатів розрахунку теплонадходжень в будівлю

Теплонадходження від людей:

$$Q_{\text{л}} = 30 \cdot 103 = 3090 \text{ Вт}.$$

Теплонадходження від джерел освітлення:

$$Q_{осв} = 40 \cdot 20 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 684 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від сонячної радіації ($F_c = 5 \text{ м}^2$, $F_T = 15 \text{ м}^2$):

$$Q_{рад} = (250 \cdot 15 + 100 \cdot 5) \cdot 0,6 = 2550 \text{ Вт.}$$

Сумарні теплонадходження по будівлі становлять:

$$Q_{тн} = 3090 + 684 + 2550 = 6324 \text{ Вт.}$$

Графічне зображення теплонадходжень приведено на рисунку 1.9.

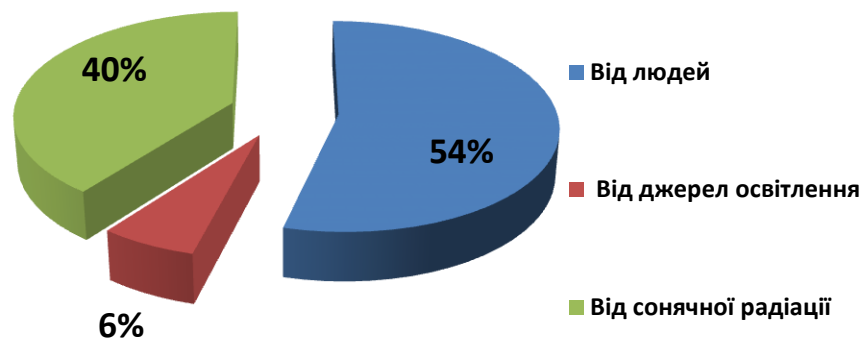


Рисунок 1.9 – Види теплонадходжень в будівлі

Теплова потужність всієї будівлі:

$$\Delta Q = 25011,3 - 6324 = 18687,3 \text{ Вт.}$$

Річні витрати теплоти на опалення будівлі до впровадження ЕЗЗ будуть становити:

$$Q_{оп} = \Delta Q \cdot \frac{(t_a^{cp} - t_{cp.on})}{(t_a^{cp} - t_3)} \cdot 24 \cdot n_{оп} \cdot 10^{-3}, \text{ кВт} \cdot \text{год} \quad (1.24)$$

де ΔQ – розрахункова величина теплової потужності будівлі, Вт;

t_a^{cp} – внутрішня температура приміщень будівлі (осереднена за приміщеннями), $^{\circ}\text{C}$;

$t_{cp.on}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, $^{\circ}\text{C}$; $t_{cp.on} = -1,4^{\circ}\text{C}$ [10];

t_3 – розрахункова температура зовнішнього повітря за опалювальний період, $^{\circ}\text{C}$;

$n_{оп}$ – тривалість опалювального періоду (діб).

$$Q_{оп} = 18687,3 \cdot \frac{(20 - (-1,4))}{(20 - (-25))} \cdot 24 \cdot 187 \cdot 10^{-3} = 39884,2 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік} \approx 34,3 \text{ Гкал.}$$

1.9 Висновки до розділу

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

2) Система теплопостачання в будівлі - автономна. Встановлені сучасні спліт-системи.

3) Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано.

4) В будівлі встановлені лічильники обліку електричної енергії та холодної води. Лічильники повірені.

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

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

8) Виконано розрахунок теплової потужності будівлі, яка склала 18687,3 Вт.

9) Для підвищення енергезалежності будівлі пропонується запровадити енергозбережні заходи.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

2.1 Опис можливих енергозбережних заходів

2.1.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі

Оскільки ціни на паливо неминуче зростають, все більше людей переходять на відновлювані джерела енергії, що працюють на теплі навколишнього середовища. Однією з таких систем є тепловий насос [12]. Ці пристрої забезпечують опалення та гарячу воду одночасно, а також можуть працювати в режимі кондиціонування [12].

Теплові насоси - обладнання, яке з високим ступенем ефективності здатне переміщати теплову енергію із зовнішнього оточення всередину будівель, споживаючи при цьому мінімальну кількість електричної енергії [13]. Ці пристрої діють за принципом, аналогічним холодильним системам, але виконують процес у зворотному напрямі, сприяючи як нагріванню, так і охолодженню простору за рахунок виділення енергії з атмосфери, водойм або ґрунту [13].

Завдяки своїй конструкції і принципу дії насос витягує тепло з навколишнього середовища: повітря, землі, ґрунтових і поверхневих вод. Прилад можна використовувати для обігріву наступних об'єктів [12]:

- дачі, котеджі, будинки;
- басейни, аквапарки;
- школи, ВНЗ та інші навчальні заклади;
- виробничі і комерційні приміщення (офіси, цехи, склади);
- ресторани, готелі, котеджні містечка.

Однак, враховуючи зростання цін на енергоносії, теплові насоси можна використовувати практично скрізь [12]. Звичайно, системи розподілу тепла повинні бути правильно спроектовані та обладнані, щоб це обладнання працювало з максимальною ефективністю і швидко окупилося [12].

При проектуванні системи опалення, яка працює на поновлюваному джерелі енергії, в тому числі на теплових насосах, дуже важливо розглядати об'єкт як єдине ціле [12]. Це означає, що всі технічні рішення з проектування самого обладнання і всіх використовуваних інженерних систем повинні бути узгоджені. Це необхідно для того, щоб вибрати найбільш підходящу модель теплового насоса і забезпечити швидке повернення інвестицій в обладнання [12].



Рисунок 2.1 – Класифікація теплових насосів [13]

Основна концепція теплового насоса заснована на циркуляції холодильної камери в замкнутій системі, що проходить через важливі етапи випаровування, стиснення, конденсації і розширення [13].

Під час фази випаровування холодильник поглинає теплову енергію з навколишнього середовища і передає її в газову фазу. Стадія стиснення супроводжується підвищенням температури і тиску холодильника за рахунок стиснення, що сприяє передачі тепла в систему опалення або водопостачання при конденсації, і холодильник повертається в рідкий стан [13]. Фаза розширення знижує тиск і температуру в холодильнику і готує його до нового циклу поглинання тепла.

Цей безперервний процес гарантує високу ефективність теплового насоса як системи опалення та охолодження, що робить його вигідним вибором для забезпечення оптимального мікроклімату в приміщенні, економії енергії та захисту навколишнього середовища [13].

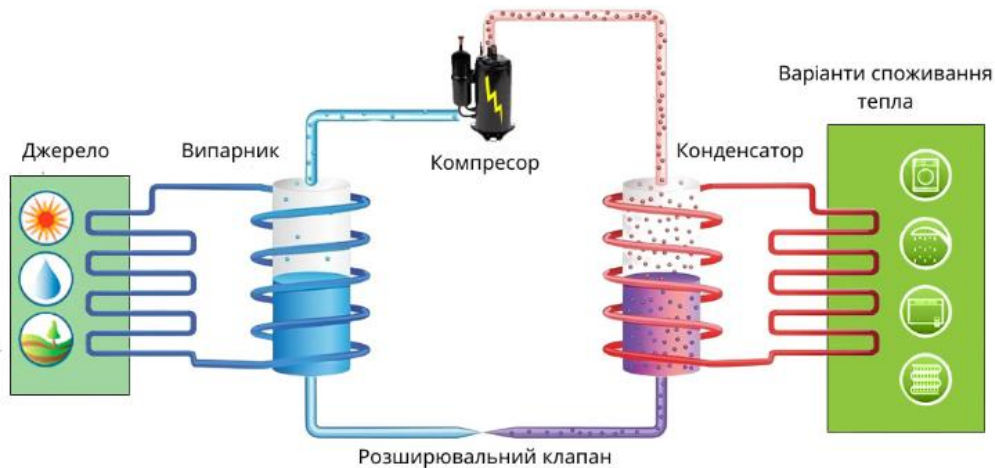


Рисунок 2.2 – Принцип роботи теплових насосів [13]

Монтаж теплових насосів повинен проводитися відповідно до низки вимог, закладених у нормативній документації для України/ Запорукою високої ефективності даного обладнання служить точний розрахунок потужності, правильна установка і хороша система автоматики.

2.1.2 Встановлення сонячних панелей на даху будинку

Сонце – невичерпне джерело енергії. Тому використання сонячних панелей має великий потенціал. Але для коректної роботи даних приладів потрібно чітко підходити до вибору та монтажу обладнання.

Розташування сонячних батарей має величезний вплив на те, скільки енергії вони будуть виробляти. Зазвичай їх встановлюють на даху, щоби не займати корисний простір [14].

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.

Сонячна батарея – це фотоелектричний модуль, який «збирає» сонячне світло та використовує його для вироблення електроенергії. Зовнішній вигляд, потужність та можливості сонячних панелей відрізняються, в залежності від їх типу.

За конструкцією з гнучкі та жорсткі фотоелектричні модулі. Гнучкі панелі дуже пластичні, їх можна навіть скрутити трубочкою, не пошкодивши при цьому. Завдяки пластичності такі панелі дуже невибагливі до місця установки. Основний мінус гнучких моделей – дуже низька ефективність. Через це гнучкі батареї використовуються доволі рідко.

Традиційна сонячна панель, яку ми звикли бачити на дахах будинків та автомобілів – це модель з жорсткою конструкцією. Її ефективність залежить від матеріалу виготовлення. Розрізняють такі типи [15]:

- тонкоплівкові. Виготовляються такі панелі з аморфного кремнію (до речі, саме цей матеріал використовується для виробництва гнучких панелей), діселеніда індію та міді. КПД аморфних моделей складає всього 6% [15].

- полікристалічні. Виготовляються з полікристалів кремнію. КПД панелей складає до 18% [15].

- монокристалічні. Для їх виготовлення використовують монокристали кремнію. Кошують такі панелі дорожче, але і показник ефективності у них вищий – до 24%. Слід зазначити, що КПД сучасних експериментальних монопанелей складає до 43% [15].

Конструкція сонячного модуля дуже проста. Основна частина панелі складається з кремнієвих фотоелектричних елементів (напівпровідників), які діють як невеликі генератори. Всі сонячні елементи з'єднані між собою і надійно закріплені на герметичній алюмінієвій рамі. Зверху напівпровідники покриті захисною полімерною плівкою і міцним загартованим склом [15].

У задній частині сонячної панелі знаходиться герметична розподільна коробка. У цій коробці відбувається перехід від сонячних елементів до проводів, які потім надсилаються до контролера [15].

Кремнієві елементи добре відбивають сонячні промені. В результаті велика частина сонячної енергії втрачається. Щоб зменшити ці втрати і підвищити ефективність сонячних батарей, на фотоелементи наносять спеціальні антивідблискуючі покриття [15].

2.1.3 Встановлення систем акумулювання енергії

Сучасні системи акумулювання електричної енергії дозволяють накопичувати надлишкову електроенергію в періоди її надлишку і використовувати її тоді, коли виникає потреба – під час погодинних або аварійних відключень.

2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів

2.2.1 Встановлення теплового насоса для системи опалення будівлі

Даний проект спрямований на відмову від використання масляних обігрівачів для потреб опалення будівлі. Джерелом фінансування є власні кошти підприємства.

Методику розрахунку теплового насоса наведено в [16].

Розрахунок теплового насоса для системи опалення будівлі виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [17] (Додаток Б).

Опалювальна площа будівлі : $F_{оп} = 150,7 \text{ м}^2$.

1) Знаходимо потужність насоса, що необхідна для потреб опалення, з урахуванням годин його роботи [16]:

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

2) Необхідний об'єм бака-акумулятора:

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

3) Розрахунок необхідної довжини труб для вертикального теплового насоса знайдемо за формулою [16]:

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

Де $P_{ТН}$ – потужність насоса.

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

φ - коефіцієнт перетворення ТН [17].

4) Місце для розміщення – територія біля будівлі.

Вихідні дані для розрахунку наведено в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку

Найменування параметра	Одиниця розмірності	Значення
Теплова потужність системи опалення	Вт	18687
Опалювальна площа будівлі	м ²	150,7
Час роботи теплового насоса	год	24
Температура повітря	С	20
Температура ґрунта	С	-5
Густина води	кг/м ³	998

Питома теплоємність води	кг/К	4200
Початкова температура теплоносія на вході в бак	С	35
Кінцева температура теплоносія на виході з бака	С	0
Питомий тепловий потік	Вт/м	50
Коефіцієнт перетворення теплового насосу		5,01
Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій	Євро	5000
Курс євро на момент розрахунку		42
Кількість споживання електричної енергії будівлею за опалювальний період для потреб опалення	кВт·год	9480
Ціна за 1 кВт·год	грн	6,2

Продовження таблиці 2.1

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку

Найменування параметра	Одиниця розмірності	Розрахункове значення
Потужність насоса	Вт	17939,52
Об'єм бака-акумулятора	л	440,2156149
Необхідна довжина труб	м	287,1755497
Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій	грн	225000
Монтаж теплового насосу	грн	67500
Загальна вартість теплового насосу	грн	292500
Споживання електричної енергії за опалювальний період в грошову еквіваленті	грн	58776
Простий термін окупності	рік	4,9

Для опалення адміністративної будівлі вибираємо тепловий насос типу Aquaviva AVH15S [15].

Основні переваги теплового насосу [15]:

- високий COP до 4,16;
- працює до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- компресор нового покоління;
- надійна система авторозморожування;
- інверторна технологія Full Inverter;
- інтелектуальна система управління, п'ять режимів роботи;
- Wi-Fi. Можливість дистанційного керування з телефону;
- тривалий експлуатаційний термін;
- якість відомого виробника.



Рисунок 2.3 – Загальний вигляд теплового насосу типу [15]

Виконаємо розрахунок дисконтованого терміну окупності даного енергозбережного заходу згідно методики [18].

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – 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 $r=r_1$	Приведен а дисконтна вартість, грн.	NPV, грн
0	-292500	-292500		1		
1	0	58776	-233724	0,909	53433	-239067
2	0	58776	-174948	0,826	48575	-190492
3	0	58776	-116172	0,751	44159	-146333
4	0	58776	-57396	0,683	40145	-106188
5	0	58776	1380	0,621	36495	-69693
6	0	58776	60156	0,564	33178	-36515
7	0	58776	118932	0,513	30161	-6354
8	0	58776	177708	0,467	27419	21066
9	0	58776	236484	0,424	24927	45992
10	0	58776	295260	0,386	22661	68653

Дисконтований термін окупності згідно [21]:

$$PP = 7 + \frac{292500 - 286146}{27419} = 7,2 \text{ роки.}$$

2.2.2 Встановлення автономної сонячної електростанції

Для забезпечення приміщень електричною енергією необхідно 30 кВт·год/добу в літній період та 100 кВт·год/добу в зимовий період (згідно даних наведених в таблиці 1.3).

Розрахунок сонячних панелей виконаємо для зимового періоду.

Методика розрахунку наведена в [16]

Принципова схема встановлення сонячних панелей наведена на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Принципова схема автономної електростанції [19]

Загальний вид сонячної панелі наведено на рисунку 2.5

Врахуємо втрати на розряд-заряд акумулятора. Величину втрат приймемо 10%.

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



Рисунок 2.5 – Вигляд сонячної панелі [21]

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 [16];

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

Необхідна кількість панелей згідно [19]:

$$N = \frac{W^{заг}}{W} \quad (2.3)$$

Для зимового періоду:

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

Місце для встановлення панелей – дах будівлі.

Вартість фотоелектричних панелей, включаючи допоміжне обладнання та встановлення складає приблизно $K = 2000000$ грн [22].

Розрахуємо термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

За 2023 рік було спожито 32730 кВт·год електричної енергії.

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 6,2 \cdot 32730 = 202926 \text{ грн}$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{2000000}{202926} = 9,6 \text{ років.}$$

Виконаємо розрахунок дисконтованого терміну окупності даного енергозбережного заходу згідно методики [18].

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	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведен а дисконтна вартість, грн.	NPV, грн
0	-2000000	-2000000		1		
1	0	202926	-1797074	0,909	184478	-1815522
2	0	202926	-1594148	0,826	167707	-1647814
3	0	202926	-1391222	0,751	152461	-1495353
4	0	202926	-1188296	0,683	138601	-1356752
5	0	202926	-985370	0,621	126001	-1230751
6	0	202926	-782444	0,564	114546	-1116204
7	0	202926	-579518	0,513	104133	-1012071
8	0	202926	-376592	0,467	94666	-917405
9	0	202926	-173666	0,424	86060	-831344
10	0	202926	29260	0,386	78237	-753108
11	0	202926	232186	0,350	71124	-681983
12	0	202926	435112	0,319	64658	-617325
13	0	202926	638038	0,290	58780	-558544
14	0	202926	840964	0,263	53437	-505108
15	0	202926	1043890	0,239	48579	-456529
16	0	202926	1246816	0,218	44163	-412366
17	0	202926	1449742	0,198	40148	-372218
18	0	202926	1652668	0,180	36498	-335720
19	0	202926	1855594	0,164	33180	-302540
20	0	202926	2058520	0,149	30164	-272377

Дисконтований термін окупності даного заходу складає більше 20 років.

2.2.3 Встановлення системи акумулювання енергії

В зв'язку з постійними обстрілами енергетичної галузі відбуваються порушення стосовно режимів генерації, споживання та аварійних і почасових відключень електроенергії в енергосистемах. Тому на сьогоднішній день є потреба в встановленні систем акумулюванні енергії.

Основною проблемою в погодинних відключеннях електроенергії – це зменшення часу для своєчасного виконання робіт на підприємстві.

Для стабільної роботи підприємства необхідно щоб було освітлення та працювали комп'ютери.

Пропонується встановити інноваційну трифазну систему енергозабезпечення ємністю 30 кВт·год PowerOcean.



Рисунок 2.6 - Система енергозабезпечення PowerOcean [21]

EcoFlow PowerOcean – це модульна 3-фазна домашня система преміумкласу. Розроблена для жителів квартир, будинків та підприємців, які шукають розумне та гнучке рішення для автономного енергозабезпечення [21].

Переваги в встановленні даного обладнання наступні:

- 1) автономність та енергонезалежність;
- 2) зручний інтерфейс;
- 3) термін гарантії роботи – більше 15 років;
- 4) безшумність та простота в керуванні;
- 5) безпосереднє підключення до сонячної системи без встановлення додаткового інвертора.

На відміну від інших батарейних рішень на ринку, EcoFlow PowerOcean DC Fit не вимагає заміни деталей або проводки змінного струму у вашій існуючій сонячній системі.

Можливості прямого підключення спрощують процес інсталяції, забезпечуючи плавне та безпроблемне налаштування.

Ціна даного обладнання складає близько 160000 грн [21].

2.3 Висновки за розділом

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

До основних заходів належать:

- встановлення теплового насосу для потреб опалення;
- встановлення автономної сонячної електростанції;
- встановлення системи акумулювання енергії.

В результаті розрахунків було підібрано тепловий насос, який забезпечує теплом та гарячою водою будівлю, а також встановлення сонячних панелей та системи акумулювання енергії для забезпечення електричною енергією.

Дані відновлювані джерела енергії роблять будівлю енергонезалежною та комфортною для працівників.

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 [22]:

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 уваги).

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

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 [22].

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 [22].

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 [22]:

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 [22]:

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 [22]:

- 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 200 м² з необхідним рівнем освітленості 1 люкс [24]. Вибрано світильники з світловим потоком 700 люмен.

Дано:

Площа коридору – $A=200 \text{ м}^2$;

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

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

Розрахунок

1) Розрахунок кількості світильників:

$$N = \frac{E \cdot A}{L} = \frac{200 \cdot 1}{700} = 1 \text{ шт.}$$

Для забезпечення аварійного освітлення необхідно встановити 1 світильник.

ВИСНОВКИ

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

Будівля знаходиться в м. Суми, за адресою вул. Воскресенська, 13а.

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 електропостачання 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 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.

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 – 292500 грн; економія в грошовому еквіваленті –58776грн; термін окупності заходу – 4,9 років, дисконтований термін окупності – 7,2 роки).

2) Встановлення автономної сонячної електростанції (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 2000000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 202926 грн; термін окупності заходу – 9,6 років, дисконтований термін окупності заходу більше 20 років).

3) Встановлення системи акумулювання енергії (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 160000 грн).

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. Енергоефективність та енергозбереження [електронний ресурс] Режим посилання: <https://europan.ua/news/energoefektivnist-ta-energozberezhennja/>
2. Енергозбереження як напрям підвищення ефективності виробничої діяльності [електронний ресурс] Режим посилання: https://economyandsociety.in.ua/journals/9_ukr/74.pdf
3. Масляний обігрівач [електронний ресурс] Режим посилання: https://philips.net.ua/ru/ekonomnye-obogrevateli/maslyanyu-obogrevatel-nikura-13-sekciy-2500vt/?gclid=Cj0KCQiA0MG5BhD1ARIsAEcZtwSyYQFeVhK5RehNZqDvEcCrQ3A_DK
4. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://dewatt.com.ua/category/schetchyky-elektroenerhyy-nyk>
5. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: https://sdplus.com.ua/water-counters?srsId=AfmBOop0iV3Vty3AwojMtAaqVLpABYBWom1c-16skGidMNS_MIFhtSzh
6. Рулетка вимірювальна [електронний ресурс] Режим посилання: <https://instrumentservis.ua/c-izmer/ruletki.html?srsId=AfmBOoo2Q7nPrXFNvBtD5rSBgG-rqETJXnoI9Y0nTyzANyzndHq8rdYu>
7. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. 01.12.1999. Київ-150 с.
8. 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.
9. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>

10. 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

11. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство розвитку громад, 2022. – 23 с.

12. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: <https://akvilonpro.ua/ua/ingenierne-proektu/teplovie-nasosi/montaj-tn-v-sistemu-otopleniya.html>

13. Теплові насоси [електронний ресурс] Режим посилання: <https://akvilonpro.ua/ua/ingenierne-proektu/teplovie-nasosi/montaj-tn-v-sistemu-otopleniya.html>

14. Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання: https://axiomplus.com.ua/ua/news/ustanovka-solnechnyh-panelej/?srsltid=AfmBOopMARPYbKSCI20L_BP9Ezcm1huqWDRnWOtMarpsp37E-UiDs6LC

15. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: https://aquavital.com.ua/ua/p1410849338-teplovoj-nasos-dlya.html?srsltid=AfmBOooNSbUyHP8GEHbQ1wZIKZyj9x_Me5ZrsatLBNWA8AiYkdG4FX2o

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

17. Майкрософт ексель [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.microsoft.com/uk-ua/microsoft-365/excel>

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. Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://avenston.com/services/commercial-pv/applications/business-center/>
20. Сонячна електростанція [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://avenston.com/services/commercial-pv/applications/business-center/>
21. Екофлоу [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://ecoflowukraine.com/5000000220/>
22. Охорона праці [електронний ресурс] Режим посилання:
<https://ratio.ua/osnovni-vimogi-do-ohoroni-praci-v-ofisi/>
23. 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

Розрахунок теплового насосу в програмі Microsoft Excel

уфер обмена Г | Шрифт Г | Выравнивание Г | Число Г | Стили | Ячейки | Редактир

G13

	A	B	C	D	E	F	G
	Найменування параметра	Одиниця розмірності	Значення		Найменування параметра	Одиниця розмірності	Розрахункове значення
2	Теплова потужність системи опалення	Вт	18687		Потужність насоса	Вт	17939,52
3	Опалювальна площа будівлі	м2	150,7		Об'єм бака-акумулятора	л	440,2156149
4	Час роботи теплового насоса	год	24		Необхідна довжина труб	м	287,1755497
5	Температура повітря	С	20		Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій	грн	225000
6	Температура ґрунта	С	-5		Монтаж теплового насосу	грн	67500
7	Густина води	кг/м3	998		Загальна вартість теплового насосу	грн	292500
8	Питома теплоємність води	кг/К	4200		Споживання електричної енергії за опалювальний період в грошову еквіваленті	грн	58776
9	Початкова температура теплоносія на виході	С	35		Простий термін окупності	рік	4,976521029
10	Кінцева температура теплоносія на виході	С	0				
11	Питомий тепловий потік	Вт/м	50				
12	Коефіцієнт перетворення теплового насосу		5,01				
13	Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій	Євро	5000				
14	Курс євро на момент розрахунку		45				

Лист1