

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

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Микола СОТНИК

(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ 20__ р.

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

зі спеціальності 144 Теплоенергетика,
(код та назва)

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

на тему: «Енергетичне обстеження будівлі ТОВ «КЕРУЮЧА КОМПАНІЯ
«СУМИТЕХНОБУДСЕРВІС» з визначенням базових показників енергоспоживання
та можливості впровадження технології альтернативного енергозабезпечення»

Здобувача групи ЕМ.м-21 Швець Олексій Вікторович
(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)

Олексій ШВЕЦЬ
(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

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

_____ (підпис)

Суми – 2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

5 Дата видачі завдання 06.11.2023 р

Керівник

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: містить 53 сторінки, 15 рисунків, 8 таблиць, 2 додатки, 28 літературних джерела.

Метою роботи є розроблення заходів для підвищення енергонезалежності будівлі за рахунок впровадження відновлюваних джерел енергії та розрахувати економічну доцільність їх впровадження.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі*:

- обстеження основних систем енергозабезпечення будівлі;
- аналіз рівня споживання енергетичних ресурсів будівлею;
- модернізація системи енергозабезпечення будівлі;
- виконати інженерні та економічні розрахунки, необхідні для обраного напрямку модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозбережних заходів.

Предметом дослідження є системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі ТОВ «КЕРУЮЧА КОМПАНІЯ «СУМИТЕХНОБУДСЕРВІС»».

Об'єкт дослідження: ТОВ «КЕРУЮЧА КОМПАНІЯ «СУМИТЕХНОБУДСЕРВІС »».

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ВУЗОЛ ОБЛІКУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РЕСУРСУ, ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, СОНЯЧНА ПАНЕЛЬ, ГЕНЕРАЦІЯ , МІКРОКЛІМАТ.

Тема роботи – **Енергетичне обстеження будівлі ТОВ «КЕРУЮЧА КОМПАНІЯ «СУМИТЕХНОБУДСЕРВІС» з визначенням базових показників енергоспоживання та можливості впровадження технології альтернативного енергозабезпечення».**

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	9
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	9
1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження.....	10
1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта	10
1.3.1 Система опалення.....	10
1.3.2 Система електропостачання.....	11
1.3.3 Система водопостачання.....	12
1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування.....	12
1.3.5 Існуючі тарифи на енергоносії та воду	13
1.4 Опис методів та приладів вимірювання.....	13
1.5 Аналіз результатів вимірювання.....	15
1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води	15
1.6.1 Аналіз обсягів споживання електроенергії	15
1.6.2 Аналіз обсягів споживання води	16
1.7 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.....	18
1.7.1 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії.....	18
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 теплонадходжень.....	26
1.9 Висновки за розділом.....	31
2. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ.....	33
2.1 Опис можливих енергозбережних заходів.....	33
2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів	33
2.2.1 Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі.....	36

2.2.2 Встановлення автономної сонячної електростанції.....	40
2.2.3 Встановлення сонячних колекторів на даху будинку для системи ГВП.....	43
3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	45
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження.....	45
3.2 Характеристика та порівняння з нормованими показниками небезпечних факторів.....	46
ВИСНОВКИ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	51
ДОДАТОК А	54
ДОДАТОК Б	55

ВСТУП

Енергетичний аудит – це дослідження будівлі, яке проводить атестований енергоаудитор [1]. Під час аудиту енергоаудитор аналізує інформацію про фактичні або проектні характеристики огорожувальних конструкцій та інженерних систем [1]. Оцінюється, наскільки будівля відповідає встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності, і надаються рекомендації для підвищення рівня енергетичної ефективності [1]. Ці рекомендації повинні враховувати місцеві кліматичні умови та бути технічно та економічно обґрунтованими. Енергетичний аудит допомагає вдосконалити енергоефективність будівлі і раціональніше використовувати енергію [1].

Енергетичний аудит – це ключовий етап у пошуку можливостей енергозбереження [2]. Цей інструмент важливий для різних видів організацій, закладів та житлових будинків. Проведення аудиту дозволяє з'ясувати, як можна покращити енергоефективність, зменшити споживання енергії, і, в результаті, отримати екологічні вигоди [2]. Важливою є також можливість включення енергетичного аудиту у систему енергетичного управління, що допомагає ефективно керувати енергетичними ресурсами на різних рівнях, від окремої будівлі до всієї організації [2].

Мето проведення енергетичного аудиту є [2]:

- Пошук можливостей енергозбереження.
- Визначення напрямків ефективного енерговикористання.

Завдання проведення енергетичного аудиту [2]:

1. Визначення джерел нераціонального використання енергоресурсів та невиправданих втрат енергії.
2. Визначення рівня класу енергетичної ефективності об'єкта для будівель, щодо яких проводиться енергетична сертифікація.
3. Створення енергетичного профілю об'єкта.
4. Встановлення залежності витрат енергії від факторів, що впливають на її споживання.

5. Складання енергетичних балансів за видами енергії та їх оптимізація і підвищення рівня енергоефективності.
6. Заощадження коштів на оплату енергоресурсів.
7. Покращення мікроклімату та теплового комфорту.
8. Визначення потенціалу енергозбереження та розробка енергоефективних заходів.
9. Скорочення викидів CO₂.

Ці завдання допомагають не тільки економічно раціоналізувати використання енергії, але і зменшити негативний вплив на навколишнє середовище [2].

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є офісні приміщення ТОВ «КЕРУЮЧА КОМПАНІЯ «ТЕХНОБУДСЕРВІС», які знаходяться на 2-му поверсі нежитлової будівлі за адресою м. Суми, вул. Івана Сірка, 19 (рис 1.1).



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд фасаду будівлі

Технічні характеристики будівлі, згідно наданої інформації:

- призначення будівлі – адміністративна будівля;
- кількість поверхів – 2 поверхи (обстежується 2 поверх) (Додаток А);
- загальна площа приміщень – 289,5 м²;
- опалювальна площа приміщень – 224 м²;
- опалювальний об'єм приміщень – 627,2 м³;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами – 739,2 м³;

Загальна кількість працівників – 17 чоловік.

Забезпечення будівлі тепловою енергією на потреби опалення здійснюється автономно.

Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано.

Забезпечення будівлі гарячою водою здійснюється автономно. Встановлений електричний водопідігрівач.

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Під час візуального обстеження було встановлено наступне:

- 1) фундамент будівлі залізобетонний.
- 2) стіни цегляні, оштукатурені цементним розчином.
- 3) плити міжповерхового перекриття – залізобетонні.
- 4) перегородки – цегляні, оштукатурені цементним розчином.
- 5) підлога складається з цементної стяжки та шару плитки.
- 6) двері – металопластикові.
- 7) стеля – залізобетон, керамзит та руберойд.
- 8) вікна – металопластикові з двохкамерним склопакетом.

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

1.3.1 Система опалення

Система опалення в будівлі автономна. Встановлений електричний котел типу Enko Стандарт Плюс Grundfos 30 380 [3].

Технічні характеристики котла наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики даного типу обігрівача представлено в таблиці [3]

Назва параметру	Значення параметру
Площа обігріву	300 м ²
Потужність	30 кВт
Вага	4,5 кг
Особливості	вбудований термостат; захист від перегріву
Гарантія	12 місяців

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії на об'єкт енергообстеження є ТОВ «Енерга-Суми». Електропостачання відбувається від трансформаторної підстанції, що знаходиться неподалік будівлі. Живлення струмоприймачів здійснюється по кабельній лінії 3×120 мм з напругою 380 В.

Основне електроспоживаюче обладнання наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Основне електроспоживаюче обладнання

Назва приладу	Кількість, шт.	Одинична потужність, кВт
Комп'ютер	10	0,5
Електричний чайник	2	2
Кондиціонер	4	1,9
Електричний котел	1	2,5
Холодильник	1	0.4
Мікрохвильва піч	2	1
Лампи світлодіодні	50	0,02

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником активної енергії типу НІК (рис 1.2).



Рисунок 1.2 – Лічильник електричної енергії [4]

1.3.3 Система водопостачання

Водопостачання будівлі здійснюється централізовано КП «Міськводоканал» СМР на підставі Договору № 879.

Вода до будинку подається по металевій трубі Ø 50 мм зі сторони вул. Івана Сірка.

Водовідведення в будівлі – централізоване. Трубопроводи холодного водопостачання по будівлі – поліпропіленові. Витоків холодної води не виявлено.

Основними споживачами води є працівники та відвідувачі будівлі.

Облік води здійснюється лічильником СВК 1.6 (рис 1.3), який встановлено в санвузлі.



Рисунок 1.3 – Лічильник обліку холодної води [5]

1.3.4 Система вентиляції та кондиціонування

Будівля має природню систему вентиляції. Вона відбувається в результаті теплового та вітрового напору. Вентиляція забезпечує провітрювання приміщень та санвузла. Система знаходиться в задовільному стані, тому циркуляція свіжого повітря забезпечує належні санітарно-гігієнічні норми.

В деяких приміщеннях встановлені побутові кондиціонери.

1.3.5 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 23.11.2023 року тарифи на електричну 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

Для проведення енергоаудиту недостатньо візуального огляду будівлі, необхідно виміряти декілька параметрів.

Для вимірювання необхідних параметрів будівлі використовуються наступні вимірювальні прилади:

- безконтактний інфрачервоний пірометр Raytek MT-4;
- далекомір ;
- універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси testo 605-h1.

Неконтактний інфрачервоний пірометр MT-4 фірми Raytek (рис 1.4) (використовується для безконтактного вимірювання температури різних поверхонь у приміщенні) .



Рисунок 1.4 – Неконтактний пірометр MT-4 фірми Raytek [6]

2) Далекомір (рис 1.5) (Використовувався для вимірювання геометричних розмірів будівлі).



Рисунок 1.5 – Далекомір [7]

3) Універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси testo 605-h1 (рис 1.6) (використовувався для вимірювання температури та вологості в приміщенні)



Рисунок 1.6 - Універсальний вимірювач температури, вологості та точки роси testo 605-h1 [8]

1.5 Аналіз результатів вимірювання

Вимірювання проводилось 23.11.2023 р. Система опалення була включена. Температура зовнішнього повітря становила: -8°C .

Результати вимірювань склали:

1) температура повітря в будівлі склала $T_{\text{в}} = 20^{\circ}\text{C}$, що відповідає санітарним вимогам [9].

2) температура теплоносія в системі опалення $T_1 = 55^{\circ}\text{C}$; $T_2 = 4^{\circ}\text{C}$ (згідно показань вузла обліку теплової енергії).

3) відносна вологість повітря – 52%, що відповідає вимогам норм і правил [9].

1.6 Аналіз споживання енергоносіїв та води

1.6.1 Аналіз обсягів споживання електроенергії

Помісячне споживання електричної енергії у 2020, 2021 та 2022 роках наведено в таблиці 1.3 та на рисунку 1.7 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку електроенергії об'єкта.

Таблиця 1.3 – Величина споживання електричної енергії за 2020 – 2022 роки

Місяці	2020 рік, кВт·год	2021 рік, кВт·год	2022 рік, кВт·год
Січень	3200	3050	3010
Лютий	3100	2960	1700
Березень	2900	2650	540
Квітень	1850	1700	670
Травень	1150	1000	710
Червень	950	980	895
Липень	980	1050	1020
Серпень	1450	1120	1010

Продовження таблиці 1.3

Вересень	1860	1790	1650
Жовтень	2365	2480	2456
Листопад	2750	2980	2314
Грудень	2900	3020	2985
Всього	25455	24780	18960

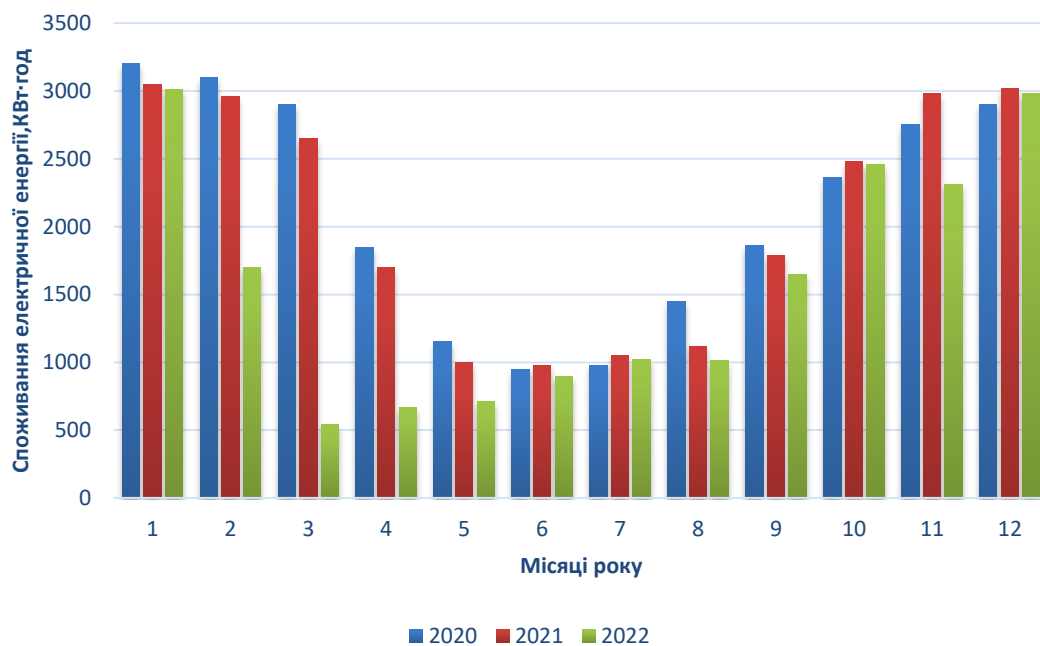


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання електричної енергії за 2020-2022 роки

З діаграми споживання електроенергії видно, що споживання електричної енергії за 2020-2021 роки майже не змінюється. Це пояснюється контролем за споживанням електричної енергії. Найменше електричної енергії споживалося в 2022 році. Це є наслідком повномасштабного вторгнення росії в Україну.

1.6.2 Аналіз обсягів споживання води

Помісячне споживання води у 2020, 2021 та 2022 роках наведено в таблиці 1.4 та на рисунку 1.8 в одиницях виміру на основі даних журналів обліку води об'єктів.

Таблиця 1.4 – Споживання холодної води за 2020-2022 роки

Місяці	2020 рік, м ³	2021 рік, м ³	2022 рік, м ³
Січень	4	5	4
Лютий	3	5	2
Березень	5	6	2
Квітень	4	4	2
Травень	6	5	4
Червень	5	5	6
Липень	5	6	4
Серпень	6	5	5
Вересень	4	4	5
Жовтень	5	5	4
Листопад	5	5	5
Грудень	6	6	6
Всього	58	61	49

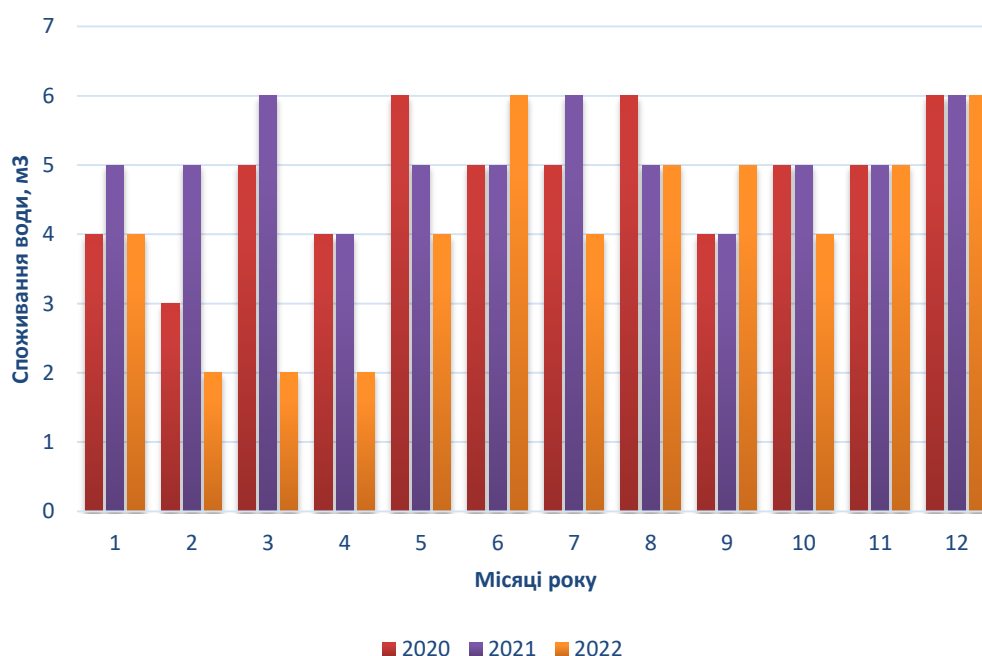


Рисунок 1.8 - Діаграма споживання води за 2020-2022 роки

Споживання холодної води протягом 2020-2021 років майже не змінюється. Це пояснюється контролем за рівнем споживання.

Найменше електричної енергії споживалося в 2022 році. Це є наслідком повномасштабного вторгнення 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 [11] норма споживання електричної енергії для приміщень адміністративно-управлінських установ складає 115 кВт·год/м² корисної площі. Для будівлі ТОВ «КЕРУЮЧА КОМПАНІЯ «СУМИТЕХНОБУДСЕРВІС»» фактичне споживання електричної енергії складає:

Для будівлі фактичне споживання електричної енергії складає:

$$\text{- 2020 рік: } \frac{25455 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{224} = 113 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2021 рік: } \frac{24780 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{224} = 110 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2;$$

$$\text{- 2022 рік: } \frac{18960 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{224} = 85 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2.$$

Як видно з розрахунків фактичне значення не перевищує нормоване. Це гарний показник.

1.7.2 Техніко-економічний аналіз споживання води

Аналіз графіків зміни витрат води по місяцям року показує відповідність витрат води нормативам. За відомими величинами місячних витрат води і відомій кількості працівників у будівлі визначено питомі показники витрат холодної на одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами [11]. Норма

витрат води для а будівлі на одного працівника становить – 12 л/добу на 1 працівника.

$$- 2020 \text{ рік } \left(\frac{58000}{17} \right) / 365 = 9,3 \text{ л/добу};$$

$$- 2021 \text{ рік } \left(\frac{61000}{17} \right) / 365 = 8,1 \text{ л/добу};$$

$$- 2022 \text{ рік } \left(\frac{49000}{17} \right) / 365 = 7,9 \text{ л/добу}.$$

Порівняння норми витрат води і дійсних величин витрат показує, що реальні значення не перевищують нормовані. Це гарний показник.

1.8 Аналіз енергетичного балансу будівлі

Розрахунки системи енергопостачання будівлі виконано згідно методики [12].

1.8.1 Розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання

Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma \text{пр}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ повинний бути не менше за вимагаємих значень $R_{q \text{ min}}$, які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження [12].

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

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

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

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

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

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

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

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

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [12];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

Приведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma np}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (1.2) 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, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

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

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (1.2), $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

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 [12]

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

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

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

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

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

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

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

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

$R_{\Sigma\text{пр}}$ – опір теплопередачі огорожувальної конструкції (за результатами проведених розрахунків), м²·°C/Вт [12];

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

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

Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню

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

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

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

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

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

$\sum Q_{ндл}$ – сумарні втрати теплоти через неутеплені підлоги на ґрунті, Вт.

Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожувальні конструкції [12]

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

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків

$$\sum Q_{op}^d = \sum Q_{ct} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (1.7)$$

де $\sum Q_{ct}$ – сумарні тепловтрати зовнішні стіни приміщень, Вт [12];

β_{op} – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу [12].

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 [12]

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

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 [12]

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

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

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює $1,005 \text{ кДж/кг} \cdot ^\circ\text{С}$ [12];

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

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

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

$n_в$ – 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 [12]:

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

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

k_q – коефіцієнт витрати (для незахищених дверей 0,8) [12];

g – прискорення вільного падіння, 9,81 м/с² [12];

v – швидкість вітру під кутом до дверей (I-а кліматична зона – 2 м/с; II-а кліматична зона – 2,1 м/с) [12];

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

ρ_c – середня густина повітряних мас, кг/м³ (при нормальних умовах $\rho = 1,3$ кг/м³) [12]:

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

де $t_{ср.он}$ – 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:

$$Q_{вр}^{инф} = G_{вр} \cdot c \cdot (t_g - t_{з.п}) \cdot k_g, \text{ кВт} \quad (1.13)$$

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

c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С [12];

t_g і $t_{з.п}$ – температура внутрішнього повітря приміщення і зовнішнього повітря, °С;

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

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

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

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·0С;

$t_6, t_{3,р}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, 0С;

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

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

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

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

$v_{ср,н,д}$ – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільність (приймається 0,8 м/с), м/с [12];

m_n – маса 1 м³ повітря (для практичних розрахунків беруть $m_n = 1,3$ кг) [12].

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

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

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

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

де c – питома теплоємність повітря, що дорівнює 1,005 кДж/кг·°С [12];
 t_g і $t_{z,p}$ – температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;

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

ρ – густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho=1,3$ кг/м³ [12];

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 $k_v=0,85$) [12].

1.8.2 Розрахунок теплонадходжень

Теплонадходження від людей

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

де q_l – явні теплонадходження від людей, Вт;

n_l – кількість людей.

Теплонадходження від працюючого електроустаткування

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

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

k_{II} – коефіцієнт завантаження;

η – ККД електроустаткування;

k_T – коефіцієнт переходу тепла в приміщення;

k_c – коефіцієнт попиту на електроенергію;

Теплонадходження від джерел освітлення

$$Q_{осв} = N_{л} \cdot k_{осв} \cdot n_{л} \cdot k_{з}, \text{ Вт} \quad (1.20)$$

де $N_{л}$ – потужність одного джерела освітлення, Вт;

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

$k_{з}$ – коефіцієнт завантаження освітлення;

$n_{л}$ – кількість однотипних джерел освітлення.

Теплонадходження від сонячної радіації

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

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

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

$k_{О.П}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу ($k_{О.П}=0,6$) [13].

Сумарні теплонадходження

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

Визначення теплової потужності всієї будівлі

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

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

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

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі, яка обстежується представлені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	$R_{\Sigma пр}, \frac{M^2 \cdot K}{Bm}$	$R_{q \min}, \frac{M^2 \cdot K}{Bm}$
1	Зовнішні стіни	1,2	4.0
2	Горищне покриття	2,6	7.0
3	Вікна	0,6	0,9
4	Двері	0,4	0,7

Отримані результати ($R_{\Sigma пр} \ll R_{q \min}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [13]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Тепловтрати через огорожуючі конструкції будівлі відбуваються тільки через зовнішні стіни, стелю, вікна та двері на сходову клітку. Через підлогу тепловтрати враховувати не будемо, так як на 1-му поверсі знаходяться офісні приміщення. Температура повітря в даних приміщеннях в середньому складає $t=21$ °С. Також не будемо враховувати тепловтрати через вхідні двері на 1-й поверх.

Тепловтрати через зовнішні стіни розраховуємо формулою (1.5):

$$Q_{ст} = \frac{45,74}{1,2} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 1715,3 Bm .$$

Тепловтрати через стелю розраховуємо за формулою (1.5):

$$Q_{стел} = \frac{286,9}{2,6} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 4966,2 Bm .$$

Тепловтрати через вікна розраховуємо за формулою (1.5)

$$Q_{\text{вк}} = \frac{31,5}{0,54} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 2362,5 \text{ Вт}.$$

Тепловтрати через двері розраховуємо за формулою (1.5)

$$Q_{\text{ос}} = \frac{1,72}{0,4} \cdot (20 + 25) \cdot 1 = 193,5 \text{ Вт}.$$

Сумарні втрати теплоти через огорожуючі конструкції становлять:

$$\sum Q_0 = 1715,3 + 4966,2 + 2362,5 + 193,5 = 9237,5 \text{ Вт}.$$

Додаткові тепловтрати через огорожуючі конструкції:

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків:

$$Q_{\text{оп}}^{\text{д}} = 1715,3 \cdot 0,13 = 222,9 \text{ Вт},$$

Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожуючі конструкції становить:

$$\sum Q_{\text{д}} = 222,9 \text{ Вт}.$$

Сумарні розрахункові тепловтрати приміщення становлять:

$$\sum Q_{\text{впр}} = 9237,5 + 222,9 = 9460,5 \text{ Вт}.$$

Графічне зображення тепловтрат приведено на рисунку 1.9.

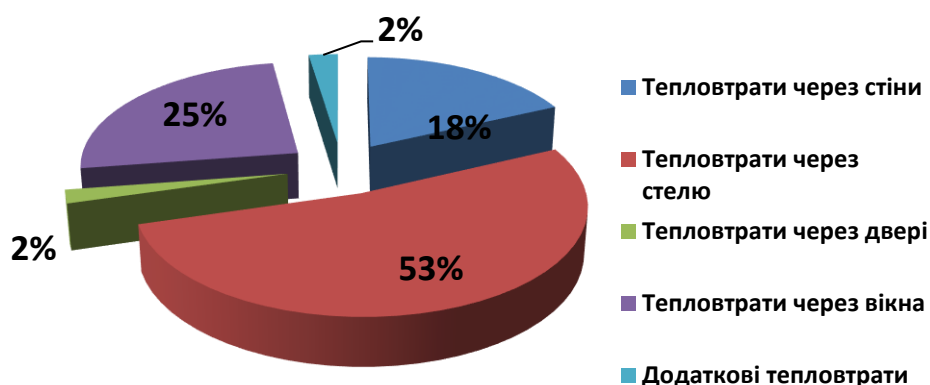


Рисунок 1.9 – Види тепловтрат

Теплонадходження від людей:

$$Q_{\text{л}} = 17 \cdot 103 = 1751 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від джерел освітлення:

$$Q_{\text{осв}} = 50 \cdot 20 \cdot 0,95 \cdot 0,9 = 855 \text{ Вт.}$$

Теплонадходження від сонячної радіації ($F_c = 15,75 \text{ м}^2$, $F_T = 15,75 \text{ м}^2$):

$$Q_{\text{рад}} = (250 \cdot 15,75 + 100 \cdot 15,75) \cdot 0,6 = 3307,5 \text{ Вт.}$$

Сумарні теплонадходження по будівлі становлять:

$$Q_{\text{ми}} = 1751 + 855 + 3307,5 = 5913,5 \text{ Вт.}$$

Графічне зображення теплонадходжень приведено на рисунку 1.10.

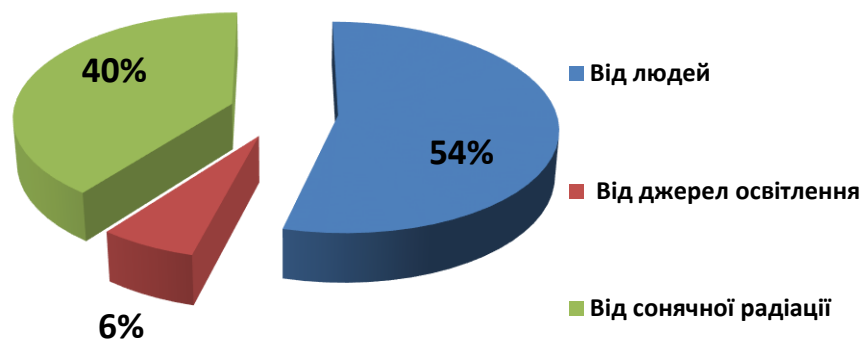


Рисунок 1.10 – Види теплонадходжень в будівлі

Теплова потужність приміщень:

$$\Delta Q = 9460,5 - 5913,5 = 3547 \text{ Вт.}$$

1.9 Висновки до розділу

1) Приміщення ТОВ «КЕРУЮЧА КОМПАНІЯ «СУМИТЕХНОБУДСЕРВІС» знаходяться на другому поверсі 2-х поверхової будівлі за адресою вул. Івана Сірка,19.

2) Система теплопостачання в приміщеннях автономна.

3) Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано КП «Міськводоканал» СМР.

4) В окремому приміщенні встановлені лічильники обліку електричної енергії та холодної води.

5) Виконано аналіз споживання енергетичних ресурсів за останні три роки.

6) За допомогою приладів (далекоміра, пірометра, універсального вимірювача) було виміряно температуру та вологість в середині приміщень та геометричні розміри. Наведено результати інструментального обстеження.

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

8) Виконано розрахунок теплової потужності обстежуваних приміщень.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

2.1 Опис можливих енергозбережних заходів

2.1.1 Встановлення теплових насосів

Використання навколишнього повітря як джерела тепла є ефективним і сталим методом опалення та гарячого водопостачання. Теплові насоси, які використовують атмосферне повітря для видобуття тепла, відомі як аеротермічні теплові насоси. Ось кілька ключових переваг цього методу [14]:

1. Ефективність [14]:

- Теплові насоси можуть видобувати тепло навіть при низьких температурах, і їхні технічні характеристики дозволяють їм працювати ефективно протягом більшої частини року.

2. Енергетична Незалежність [14]:

- Здатність отримувати тепло з навколишнього повітря робить систему менш залежною від інших джерел енергії, таких як газ чи нафта.

3. Доступність Ресурсу [14]:

- Навколишній повітря є великою, необмеженою джерелом тепла, що робить його доступним для використання майже скрізь.

4. Екологічна Перевага [14]:

- Такі теплові насоси не викидають парникових газів і не споживають традиційні паливі, сприяючи зменшенню викидів CO₂ та інших забруднюючих речовин.

5. Універсальність [14]:

- Системи на основі аеротермічних теплових насосів можуть бути використані як для опалення, так і для охолодження приміщень.

Та все ж ґрунт є важливим і унікальним джерелом тепла, і його використання для опалення та охолодження будівель відоме як геотермальне опалення та

оохолодження. Основні методи використання ґрунту включають вертикальні та горизонтальні теплообмінники.

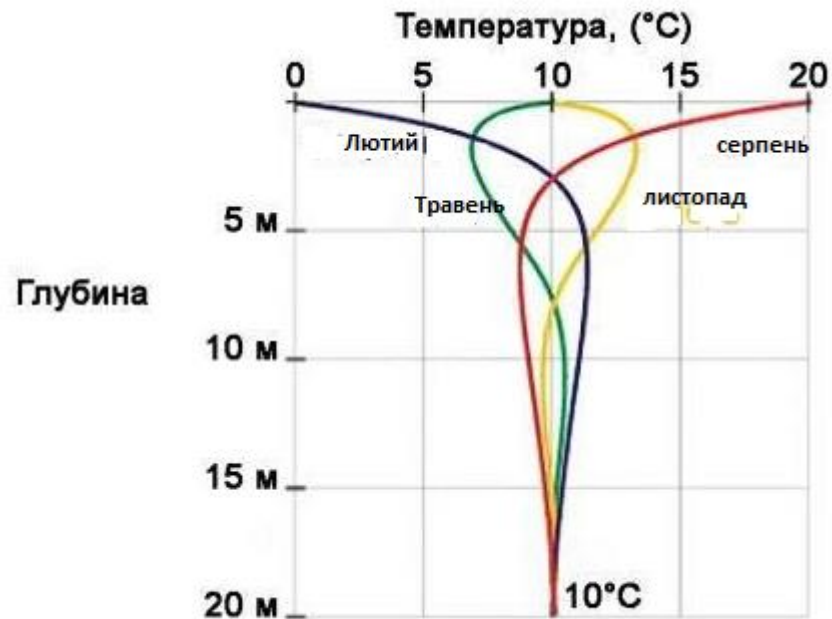


Рисунок 2.1 – Залежність температури ґрунту від глибини в різні періоди року

1. Вертикальний Теплообмінник:

- Система використовує вертикальні свердловини, які опускаються на глибину близько 50-100 метрів або більше. В цих свердловинах розміщують теплообмінні труби, які забезпечують теплообмін між ґрунтом і тепловідбірником. Ґрунт на цій глибині залишається стійко теплим протягом всього року.

2. Горизонтальний Теплообмінник:

- У цьому випадку теплообмінні труби розташовані горизонтально на глибині приблизно 1,2-2,0 метра під поверхнею землі. Цей метод дозволяє використовувати стабільну температуру ґрунту на невеликій глибині.

Основні переваги використання ґрунту включають:

- **Стійка Температура:** Ґрунт має стійку температуру навіть в зимовий період, коли повітря може бути холодним. Це робить геотермальне опалення більш ефективним у порівнянні з повітрям.

- **Енергоефективність:** Грунт може добре акумулювати сонячну енергію, і геотермальні системи є високоефективними засобами опалення та охолодження [14].
- **Сталість та Надійність:** Системи геотермального опалення мають тривалий термін служби та вимагають мінімального обслуговування.
- **Екологічність:** Використання ґрунту як джерела тепла є екологічно чистим методом, оскільки не вимагає спалювання пального та майже не має викидів CO₂.

Враховуючи ці переваги, геотермальні системи стають все більш популярними для опалення та охолодження будівель, сприяючи сталому та ефективному використанню енергії [14].

На даний час використання теплових насосів набирає швидких обертів. В зв'язку. Теплові насоси можуть використовуватися для опалення, гарячого водопостачання та охолодження. Це надає їм універсальність та можливість використовувати одне обладнання для різних потреб.

З правильним обслуговуванням теплові насоси можуть працювати тривалий час, до 25-30 років. Вони вимагають мінімального технічного обслуговування. Використання безкоштовної енергії з навколишнього середовища дозволяє зменшити експлуатаційні витрати на опалення та гаряче водопостачання.

Теплові насоси використовують відновлювані джерела енергії, такі як тепло навколишнього середовища, що дозволяє їм бути енергоефективними. Вони можуть надавати більше тепла, ніж енергія, яку вони споживають [15].

Сонячна батарея - це набір фотоелектричних елементів, які з'єднані разом, щоб сформувати панель. Вона виробляє електроенергію під впливом сонця. Вона майже безкоштовна [16].

Сонячні панелі вже багато років встановлюють у приватних будинках. Їх використовують для опалення та електроприладів [16].

Що можуть зробити власники квартир? Якщо простір обмежений, альтернативні джерела енергії можна встановити на балконах або на даху будинку. Навіть невеликі панелі можуть заощадити гроші і надати будинку більше автономії.

Є й інші переваги встановлення сонячних панелей на будинках [16].

- Екологічне виробництво електроенергії
- Тривалий термін служби; і
- Простота встановлення (ви можете зробити це самостійно); і
- Завжди є альтернатива на випадок відключення електроенергії
- Сонячні панелі не потребують складного догляду чи додаткового обслуговування [16].

Найчастіше встановлюють кремнієві монокристалічні комірки, кремнієві полікристалічні комірки та плівкові комірки [16].

Кремнієві монокристалічні фотоелементи - це модулі з металевими заглибками. Вони мають високу ефективність, але значно дорожчі [16].

Кремнієві полікристалічні фотоелементи є «проміжними». Вони дешевші за монокристалічні батареї, але ефективніші за плівкові [16].

Плівкові батареї мають гнучку структуру. Легкі та недорогі. Найважливішою особливістю є те, що вони можуть виробляти енергію навіть у похмуру погоду [16].

2.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів

2.2.1 Встановлення теплового насоса для системи опалення будівлі

Методику розрахунку теплового насоса наведено в [17].

Розрахунок теплового насоса для системи опалення будівлі виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [18] (Додаток Б).

Опалювальна площа будівлі : $F_{оп} = 224 \text{ м}^2$.

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

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

2) Необхідний об'єм бака-акумулятора:

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

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

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

Де $P_{\text{ТН}}$ – 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	3547
Опалювальна площа будівлі	м ²	224
Час роботи теплового насоса	год	24
Температура повітря	С	20
Температура ґрунта	С	-5
Густина води	кг/м ³	998

Продовження таблиці 2.1

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	5500
Курс євро на момент розрахунку		38
Кількість споживання електричної енергії будівлею за опалювальний період для потреб опалення	кВт·год	11220
Ціна за 1 кВт·год	грн	6,2

Таблиця 2.2 – Результати розрахунку

Найменування параметра	Одиниця розмірності	Розрахункове значення
Потужність насоса	Вт	3405,12
Об'єм бака-акумулятора	л	83,5578095
Необхідна довжина труб	м	54,50910659
Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій	грн	209000
Монтаж теплового насосу	грн	62700
Загальна вартість теплового насосу	грн	271700
Споживання електричної енергії за опалювальний період в грошову еквіваленті	грн	69564
Простий термін окупності	рік	3,9

Після проведення розрахунків був вибраний тепловий насос типу MITSUBISHI ELECTRIC (рис.2.2) [19].



Рисунок 2.2 – Тепловий насос [18]

Принципова схема розміщення теплового насоса зображена на рисунку 2.2 [20].



Рисунок 2.3 – Принципова схема розміщення теплового насосу [20]

Виконаємо розрахунок дисконтованого терміну окупності даного енергозбережного заходу згідно методики [21].

Результати розрахунку наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності

Рік	Інвестиції <i>I</i> (капітальні витрати), грн	Вигоди <i>D</i> (дохід), грн	чистий грошовий потік, <i>Pt</i> , грн	Дисконтний множник за ставкою $r=r_1$	Приведен а дисконтна вартість, грн.	NPV, грн
0	-271700	-271700		1		
1	0	69564	-202136	0,909	63240	-208460
2	0	69564	-132572	0,826	57491	-150969
3	0	69564	-63008	0,751	52264	-98705
4	0	69564	6556	0,683	47513	-51191
5	0	69564	76120	0,621	43194	-7998
6	0	69564	145684	0,564	39267	31269
7	0	69564	215248	0,513	35697	66967
8	0	69564	284812	0,467	32452	99419
9	0	69564	354376	0,424	29502	128921
10	0	69564	423940	0,386	26820	155741

Дисконтований термін окупності згідно [21]:

$$PP = 5 + \frac{32267 - 7998}{31269} = 5,8 \text{ років}$$

2.2.2 Встановлення автономної сонячної електростанції

Для забезпечення приміщень електричною енергією необхідно 35 кВт·год/добу в літній період та 90 кВт·год/добу в зимовий період (згідно даних наведених в таблиці 1.3).

Розрахунок сонячних панелей виконаємо для зимового періоду.

Методика розрахунку наведена в [17]

Принципова схема встановлення сонячних панелей наведена на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Принципова схема автономної електростанції[20]

Обираємо сонячні панелі RSM110-8-545M (рис.2.5) [22].

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

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



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 [19];

0,545 – потужність однієї панелі, кВт/год [22]

Необхідна кількість панелей згідно [19]:

$$N = \frac{W_{\text{заг}}}{W} \quad (2.3)$$

Для зимового періоду:

$$N_3 = \frac{90}{0,3} = 300 \text{ панелей}.$$

Отже, для задоволення потреб у електроенергії необхідно встановити 300 фотоелектричних панелей.

Розміри фотоелектричної панелі складають 1096x2384 мм [21].

Необхідну ємність акумулятора знайдемо за формулою [17]:

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

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

V - напруга, В;

k – коефіцієнт використання акумулятора.

$$Q = \frac{90 \cdot 12}{12 \cdot 0,7} = 130 \text{ А} \cdot \text{год}.$$

Обираємо 2 акумулятори LUXEON LX12-75MG - 12В - 75 А/ч [22].

Вартість фотоелектричних панелей, включаючи допоміжне обладнання, транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно $K = 1950000$ грн [22].

Розрахуємо термін окупності даного енергозберігаючого заходу.

За 2021 рік було спожито 24780 кВт·год електричної енергії

В грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 6,2 \cdot 24780 = 153636 \text{ грн}$$

Термін окупності даного заходу складе:

$$T_{ок} = \frac{1950000}{153636} = 13 \text{ років.}$$

2.2.3 Встановлення сонячних колекторів на даху будинку для системи ГВП

Пропонується встановити сонячний комплект «ATMOSFERA» [23].

Середнє споживання гарячої води складає в середньому $0,1 \text{ м}^3/\text{добу}$.

Температура вихідної води для нагрівання – $+15^\circ\text{C}$.

Температура гарячої води – 50°C .

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

Визначимо кількість енергії для забезпечення побутових потреб вогарячій воді:

$$Q = 100 \cdot (50 - 15) \cdot 4,19 = 18855 \text{ кДж} = 5,2 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу} = 1898 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{рік.},$$

Річна економія складе:

$$\Delta E = 1898 \cdot 6,2 = 11768 \text{ грн} / \text{рік}$$

Витрати на встановлення сонячного колектора складають $K = 55000$ грн [20].

Простий термін окупності:

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{55000}{11767} = 4,7 \text{ року.}$$

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 сонячних колекторів на даху будинку для системи ГВП.

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

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

Важливість безпеки праці та визначення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів є важливим аспектом в сфері енергоменеджменту та роботи на енергетичних об'єктах [24].

Фізичні фактори [24]

Механічні впливи: Ризик травм під час роботи з обладнанням або в умовах підвищеної вібрації.

Термічні умови: Ризик перегріву або охолодження під час роботи в екстремальних температурних умовах.

Хімічні фактори [24]

Хімічні речовини: Ризик впливу або контакту з небезпечними речовинами під час обслуговування чи ремонту обладнання.

Біологічні фактори [24]

Мікроорганізми: Ризик інфекцій або захворювань, пов'язаних з роботою в умовах, де присутні бактерії або інші мікроорганізми.

Психофізіологічні фактори [24]

Стрес: Ризик стресу, пов'язаного з високою відповідальністю, тиском термінів, або іншими факторами, що можуть впливати на психічний стан.

Нервово-психічні перевантаження:

Психічні навантаження: Ризик виникнення неврозів, депресії або інших психічних проблем через велике навантаження чи стрес.

Забезпечення безпеки праці та здоров'я працівників в енергоменеджменті вимагає ретельного вивчення та управління цими ризиками. Це включає в себе використання безпечних технологій, навчання персоналу щодо правил та процедур безпеки, а також використання відповідного захисного обладнання. Регулярні оцінки ризиків і адекватні заходи забезпечення безпеки дозволяють забезпечити ефективну та безпечну роботу на енергетичних об'єктах.

3.2 Характеристика та порівняння з нормованими показниками небезпечних факторів

Електрична безпека

Відповідно до «Правил улаштування електроустановок» [25], майже всі приміщення відносяться до категорії 2 «приміщення підвищеної небезпеки», оскільки вони обладнані комп'ютерами, кондиціонерами та іншими електричними приладами.

У приміщеннях немає відкритих струмопровідних ділянок. Єдина можливість ураження електричним струмом - у разі несправності обладнання або кабелів живлення. Вся електропроводка виконана в захищених від персоналу зонах, що виключає можливість пробою ізоляції працівниками.

Пожежна безпека

Пожежа несе такі небезпеки: відкрите полум'я та іскри, гаряче повітря, предмети, обладнання, токсичні продукти горіння, дим, знижена концентрація кисню, обвалення, пошкодження будівель та споруд, вибухи.

Будівля обладнана первинними засобами пожежогасіння: внутрішнім протипожежним водопроводом та ручними вогнегасниками Згідно з ДНАОП 0.01-1.01-95 «Правила пожежної безпеки в Україні» [26], будівля за ступенем пожежної безпеки приміщень відноситься до категорії В. Пожежні крани розташовані в коридорах, на сходових площадках та у входах. Переносні вогнегасники передбачені в пожежних щитах.

Мікроклімат

Мікрокліматичні умови в приміщенні, де проводяться роботи легкої категорії (Ia), є важливим фактором для комфорту та безпеки працівників. Основні показники мікроклімату включають:

Температура повітря:

Для робіт легкої категорії важливо, щоб температура повітря була в межах, які забезпечують комфорт та не спричиняють перегріву чи охолодженню працівників [9].

Зазвичай рекомендовані температурні межі для легких робіт становлять від 20 до 24 градусів Цельсія [9].

Відносна вологість повітря:

Важливо утримувати відносну вологість на рівні, яке не викликає дискомфорту для працівників та не спричинює збільшення втрати вологи через пот.

Зазвичай рекомендовані межі відносної вологості знаходяться в діапазоні 40-60% [9].

Швидкість руху повітря:

Забезпечення нормальної швидкості руху повітря сприяє вентиляції та зменшенню дискомфорту від тепла чи вологості.

Рекомендовані значення зазвичай знаходяться в межах 0.1-0.2 м/с для приміщень, де проводяться роботи легкої категорії [9].

Забезпечення оптимальних мікрокліматичних умов в приміщенні важливо для підтримання здоров'я та продуктивності працівників. Використання систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря може бути необхідним для досягнення оптимальних параметрів мікроклімату. Також, регулярні вимірювання та оцінки мікроклімату можуть допомогти вчасно виявити та виправити будь-які аномалії [9].

Шум

Шум в приміщеннях, де встановлена обчислювальна техніка і електронні пристрої, може виникати внаслідок роботи вентиляторів охолодження блоків апаратури та кондиціонерів. Середньочастотний характер цього шуму може впливати на комфорт та продуктивність працівників, особливо тих, хто займається теоретичними роботами, обробкою даних або працює з обчислювальною технікою.

Для забезпечення комфортних умов праці та відповідності нормам безпеки, рівень шуму в таких приміщеннях повинен відповідати встановленим стандартам. У вказаному вами випадку рівень шуму повинен бути не більше 50 децибелів (дБА) [27].

Освітленість

З метою забезпечення оптимальних умов освітлення для зорової роботи в приміщенні, важливо враховувати як природне, так і штучне освітлення. Основні вимоги до освітлення визначаються стандартами і нормами, такими як ДБН В.2.5-28:2018 [33].

1. Природне освітлення:

За вказівкою коефіцієнта природного освітлення ($e_n = 1,5\%$), можна зробити висновок, що природне освітлення в приміщенні є достатнім для більшості зорових робіт.

Важливо забезпечити правильне розміщення вікон та використання штор чи жалюзі для регулювання яскравості світла.

2. Штучне освітлення:

Згідно з нормами, освітленість робочої поверхні (IV) повинна становити 300 лк. Це значення визначає яскравість світла на поверхні, необхідну для зручного та ефективного виконання робіт.

Використання люмінесцентних ламп та ламп розжарювання може забезпечити потрібний рівень освітленості.

Загальна освітленість у приміщенні буде сумою природного та штучного освітлення. Важливо також враховувати однорідність освітлення, відсутність блисків та підтримку правильних кольорів світла для забезпечення комфортної та продуктивної робочої обстановки.

Завдання забезпечення оптимальних умов освітлення вимагає системного підходу до дизайну приміщень та вибору обладнання, що відповідає встановленим нормам та стандартам.

ВИСНОВКИ

Об'єктом енергетичного обстеження в магістерській роботі були приміщення ТОВ «КЕРУЮЧА КОМПАНІЯ «СУМИТЕХНОБУДСЕРВІС», за адресою вул. Івана СІРКА, 19.

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.

За допомогою далекоміра було виміряно геометричні дані приміщень.

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

Виконано опис вузлів обліку енергетичних ресурсів, приладів для проведення вимірювань та результати інструментального обстеження.

Наведено положення методики розрахункового аналізу системи енергопостачання та представлення результатів розрахунку основних видів тепловтрат та теплонадходжень. Теплова потужність приміщень склала 3547 Вт

У розділі «РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ» виконано опис енергозбережних заходів та здійснено їхній фінансовий аналіз. Для підвищення енергонезалежності приміщень ТОВ «КЕРУЮЧА КОМПАНІЯ «СУМИТЕХНОБУДСЕРВІС» за рахунок впровадження відновлюваних джерел енергії пропонується запровадження наступних заходів:

1) Встановлення теплового насосу для системи опалення будівлі (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 271000 грн; економія в грошовому еквіваленті – 69564 грн; термін окупності заходу – 3,9 року, дисконтований термін окупності – 5, 8 року).

2) Встановлення автономної сонячної електростанції (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 1950000 грн, економія в грошовому еквіваленті – 153636 грн; термін окупності заходу – 13 років)

3) Встановлення сонячних колекторів на даху будинку для системи ГВП (капітальні вкладення на впровадження заходу складають – 55000 грн, економія в грошовому еквіваленті – 11767 грн; термін окупності заходу – 4,7 року).

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Що таке енергетичний аудит [електронний ресурс] Режим посилання: <https://eefund.org.ua/sites/default/files/%>
2. Енергоаудит [електронний ресурс] Режим посилання: <https://eeplatform.org.ua/services/energoaudit/>
3. Електричний котел [електронний ресурс] Режим посилання: /
4. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://001.com.ua/uk/lichylnyk-elektroenergiyi-nik-2102-01-e2tr1-odnofaznyy-5-60-a-220-v-bagatotaryfnyy-nik>
5. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://romstal.ua/uk/product/19748-schetchyk-dlja-vody-lk-15kh-du-15-t-30s-lat-so-shtutseramy>
6. Техпаспорт пірометра [електронний ресурс] Режим посилання: MiniTemp MT2 фірми Raytek <https://www.indiamart.com/proddetail/raytek-mt-4-ir-thermometer-9209071355.html>
7. Далекомір [електронний ресурс] Режим посилання: <https://bosch-tools.com.ua/ua/dalekom-ri-lazern-dalekom-ri/>
8. Техпаспорт універсального вимірювача Testo 605-N1.
9. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. 01.12.1999. Київ-150 с.
10. Міжгалузеві норми споживання електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0175-00>
11. Норма споживання холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://vodokanal-service.kiev.ua/news/210-novi-normatyvy-pytnoho-vodopostachannia-ta-norm-spozhyvannia-posluh.html>
12. 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

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

14. Теплові насоси [електронний ресурс] Режим посилання: <https://akvilonpro.ua/ua/ingenierne-proektu/teplovie-nasosi/istochnik-energii-teplovogo-nasosa.html>

15. Тепловий насос для опалення та ГВП [електронний ресурс] Режим посилання: <https://reneco.com.ua/ua-teplovoy-nasos-dlya-otopleniya-i-gvs/>

16. Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання: <https://soncedim.com.ua/blog/soniachna-batareia-na-balkoni>

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

18. Ексель [електронний ресурс] Режим посилання: <https://innov.com.ua/ru/novyny/dlya-chego-nuzhen-excel>

19. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: https://ecodan.com.ua/?gclid=CjwKCAiA04arBhAkEiwAuNOsIgdDLcUp4nBbwJ98FOWKB18h1Pdt5j4heJBKO3D6QYOY8ntxonlZJhoCLRgQAvD_BwE

20. Встановлення теплового насосу [електронний ресурс] Режим посилання: <https://romstal.ua/uk/info/162-printsip-raboty-i-ustanovki-teplovogo-nasosa-vozdukh-vozdukh>

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

22. Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання: <https://avenston.com/services/commercial-pv/applications/business-center/>

23. Сонячний комплект «Атмосфера» [електронний ресурс] Режим посилання: https://www.atmosfera.ua/uk/?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_content=4

78693929963&utm_campaign=poisk_Atmosfera_frazovoe&gclid=CjwKCAiA7939BRBMEiwA-hX5J3XYTQHpwDy_nhE5SsWuZBsQJcIFlWjEWIDrWkUQDI4Iz-y8FtulkRoCdoQQA_vD_BwE

24. Охорона праці [електронний ресурс] Режим посилання: https://pidruchniki.com/15290527/bzhd/perelik_nebezpechnih_shkidlivih_virobnichih_faktoriv

25. « Правила улаштування електроустановок» Міністерство енергетики та вугільної промисловості України - – Київ, 2017 р. – 600 с

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

27. Фізичні та фізіологічні характеристики шуму [електронний ресурс] Режим посилання: <https://cpo.stu.cn.ua/Oksana/posibnik/810.html>

28. 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 Б

Розрахунок теплового насосу за допомогою Microsoft Excel,

Розрахунок теплового насосу для системи опалення електричне опалення - Excel

№	Найменування параметра	Одиниця розмірності	Значення	№	Найменування параметра	Одиниця розмірності	Розрахункове значення
2	Теплова потужність системи опалення	Вт	3547		Потужність насоса	Вт	3405,12
3	Опалювальна площа будівлі	м ²	244		Об'єм бака-акумулятора	л	83,5578095
4	Час роботи теплового насоса	год	24		Необхідна довжина труб	м	54,50910659
	Температура повітря	С	20		Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виявленні позаштатних ситуацій	грн	209000
6	Температура ґрунта	С	-5		Монтаж теплового насосу	грн	62700
7	Густина води	кг/м ³	998		Загальна вартість теплового насосу	грн	271700
	Питома теплоємність води	кДж/К	4200		Споживання електричної енергії за опалювальний період в грошову еквіваленті	грн	69564
9	Початкова температура теплоносія на виході	С	35		Простий термін окупності	рік	3,905755851
10	Кінцева температура теплоносія на виході	С	0				
11	Питомий тепловий потік	Вт/м	50				
12	Коефіцієнт перетворення теплового насосу		5,01				
	Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи,	Євро	5500				