

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЦЕНТР ЗАОЧНОЇ, ДИСТАНЦІЙНОЇ ТА ВЕЧІРНЬОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

Борщова Аліна Сергіївна

ТЕМА: «ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ З
МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОНЕЗАЛЕЖНОСТІ БУДІВЛІ СУПЕРМАКЕТУ»

Магістерська робота
зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»
(Енергетичний менеджмент)

*В роботі не виявлено текстових,
ілюстративних та інших запозичень
без коректного на них посилання*

Керівник роботи:

_____ (підпис)

Сапожніков С.В.

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

К.Т.Н ДОЦЕНТ

_____ (наукове звання та наукова ступінь)

Суми – 2020

Сумський державний університет
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки
Спеціальність 144 «Теплоенергетика» (Енергетичний менеджмент)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри _____

« » _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ**

Студента _____
Борщова Аліна Сергіївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: «Використання альтернативних джерел енергії з метою підвищення енергоефективності будівлі супермаркету»

затверджена наказом по університету № _____ від « » _____ 2020 р

2 Термін здачі студентом закінченої роботи – до 11.12.2020 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 – Визначення вихідних даних, та їх характеристика (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).

Розділ 2 – Результати розрахунку задач за визначеною методикою (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).

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.

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Васькін Р.А.		

6 Дата видачі завдання 21.09.2020 р

Керівник

_____ (підпис)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	з 21.09 до 18.10.2020	
2	Захист переддипломної практики	до 30.10.2020	
3	Виконання 1-го розділу	до 10.11.2020	
4	Виконання 2-го розділу	до 25.12.2020	
5	Виконання 3-го розділу	до 04.12.2020	
6	Представлення виконаної роботи	до 07.12.2020	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 11.12.20	
8	Проведення захисту роботи	з 14.12 до 24.12.2019	

Студент-магістр

_____ (підпис)

Керівник випускної роботи

_____ (підпис)

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ІНДЕКСІВ ТА СКОРОЧЕНЬ

Умовні позначення

V – об'єм, м³;

T – температура, °С;

L – довжина, м.

H – висота, м;

Індекси та скорочення

δ – товщина огорожуючої конструкції, м;

n – кількість шарів в конструкції;

k_3 – коефіцієнт завантаження освітлення

n_d – кількість однотипних джерел освітлення.

\emptyset – діаметр.

Абревіатура

ПЕР – Паливно-енергетичні ресурси.

ІТП – індивідуальний тепловий пункт.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить 62 сторінки, 14 рисунків, 7 таблиць, 24 літературних джерел.

Об'єкт дослідження: будівля торговельного центру та її системи енергозабезпечення.

Метою роботи є запровадження альтернативних джерел енергії для будівлі супермаркету та розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі *задачі*:

- проведення дослідження та аналізу енергетичного стану будівлі, зважаючи на її конструктивні особливості;
- визначення основних напрямків можливої модернізації систем енергоспоживання будівлі;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

Предметом дослідження є енергетичні процеси, які відбуваються в досліджуваній будівлі а також у системах її енергозабезпечення.

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОВА МЕРЕЖА, СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ТЕПЛОВТРАТА, ТЕПЛОНАДХОДЖЕННЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, ФОТОЕЛЕКТРИЧНА ПАНЕЛЬ, ЕВАКУАЦІЙНИЙ ШЛЯХ.

Тема роботи – «Використання альтернативних джерел енергії з метою підвищення енергонезалежності будівлі супермаркету».

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ.....	10
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження.....	10
1.2 Опис дійсного стану будівлі.....	11
1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта....	11
1.3.1 Система опалення.....	11
1.3.2 Система електропостачання.....	12
1.3.3 Система водопостачання та водовідведення.....	12
1.3.4 Система вентиляції.....	12
1.3.5 Система обліку ресурсів.....	13
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду.....	15
1.4 Аналіз показників фактичного енергоспоживання будівлі.....	16
1.4.1 Аналіз обсягів споживання теплової енергії.....	16
1.4.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії.....	17
1.4.3 Аналіз обсягів споживання холодної води.....	19
1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв.....	20
1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії.....	19
1.6 Опис теплонасосної установки системи опалення з використанням теплоти ґрунту.....	22
2 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ВИЗНАЧЕНОЇ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ; ПРЕДСТАВЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ ЗА КОЖНИМ ЕТАПОМ РОЗРАХУНКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....	30
2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій.....	30
2.2 Розрахунок тепловтрат	31
2.3 Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожуючі конструкції...	33
2.4 Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря.....	34
2.5 Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію.....	36

2.6 Розрахунок теплонадходжень.....	37
2.7 Визначення теплової потужності всієї будівлі.....	38
2.8 Розрахунок теплового насосу для системи тепlopостачання.....	40
2.9 Розрахунок фотоелектричних панелей.....	44
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	48
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати при обслуговуванні системи енергопостачання будівлі.....	48
3.2 Розрахунок освітлення евакуаційних шляхів.....	54
3.3 Дії працівників обслуговуючої організації під час ураження людини електричним струмом.....	56
ВИСНОВКИ.....	58
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	60

ВСТУП

Філософія енергозбереження та підвищення енергоефективності для України має свої характерні риси. Задекларована пріоритетність політики енергозбереження в Україні тривалий час не була підкріплена ефективною формою та механізмами взаємодії влади, бізнесу та наукового потенціалу у питаннях впровадження інноваційних енергозберігаючих технологій. Мета енергозберігаючої політики полягає не в обмеженні споживання енергоресурсів, а у підвищенні ефективності використання первинних енергоносіїв. Світовий досвід свідчить, що лише там відбулось швидке досягнення міжнародної конкурентоспроможності держави, де наріжним каменем державної політики постала енергоефективність. Якщо в Західній Європі величина потенціалу енергозбереження дорівнює 10–20% обсягів споживання енергоресурсів, то в Україні ця цифра перевищує 45% [1]. Зростання енергоефективності в нашій країні можливе за рахунок реалізації науково обґрунтованої, системної та програмно і законодавчо підкріпленої політики енергоефективності [1].

У державній економічній політиці в Україні до останнього часу більша увага наголошувалася на понятті «енергозбереження», тоді як у європейських та інших розвинених країнах оперують поняттям дещо іншого і більш комплексного виміру – «енергоефективність», яке розглядається в єдиній системі координат з екологічністю та конкурентоспроможністю. У ХХІ ст. вирішити проблему підвищення ефективного використання ПЕР можливо виключно шляхом запровадження новітніх енергоефективних технологій та обладнання, які відповідали б потребам та вимогам сьогодення. За кордоном енергоефективність – це не просто використання ресурсозберігаючих технологій, рекуперації, встановлення, наприклад, енергоефективних вікон, утеплення стін. Це – комплексний підхід від етапу проектування до введення в дію та експлуатації об'єкта чи технології (обладнання).

Реалізація ефективної політики підвищення енергоефективності і розвитку сфери виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних

видів палива надасть Україні можливість створити умови для зниження рівня енергоємності валового внутрішнього продукту, оптимізації структури енергетичного балансу держави шляхом зростання обсягів використання відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива, вторинних енергоресурсів, впровадити дієвий механізм реалізації державної політики у сфері енергоефективності, відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива[1].

Актуальність теми

Україна відноситься до енергодефіцитних країн, яка задовольняє свої паливноенергетичні потреби за рахунок власних ресурсів менше ніж на 50% [2]. Енергоємність валового внутрішнього продукту (ВВП) в Україні в 2 рази перевищує енергоємність ВВП розвинутих країн світу. В зв'язку з тим важливою стратегічною лінією державної політики розвитку економіки і соціальної сфери є енергозбереження, що реалізовується шляхом розробки нових енергозберігаючих, маловідходних і безвідходних технологій; ефективних систем і засобів контролю за енерговикористанням і захистом довкілля від забруднення та впровадження інтегрованого енергетичного та економічного менеджменту [2].

Метою роботи є запровадження альтернативних джерел енергії для будівлі супермаркету та розрахунок економічної доцільності їх впровадження.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі задачі:

- проведення дослідження та аналізу енергетичного стану будівлі, зважаючи на її конструктивні особливості;
- визначення основних напрямків можливої модернізації систем енергоспоживання будівлі;
- проведення необхідних інженерно-економічних розрахунків за обраними напрямками модернізації;
- визначення основних техніко-економічних показників розроблених енергозберігаючих заходів.

Об'єктом дослідження є будівля торговельного центру та її системи енергозабезпечення.

Предметом дослідження в роботі є енергетичні процеси, які відбуваються в досліджуваній будівлі а також у її системах енергозабезпечення.

Автором зібрано дані за минулі три роки про обсяги споживання теплової енергії, електричної енергії, води.

Проведено порівняльний аналіз режимів енергоспоживання та витрат енергоресурсів з чинними в Україні нормативними показниками.

1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження є окремо розташована будівля супермаркету «Наш», яка знаходиться за адресою м.Суми, вул. СКД,48 (рис 1.1).

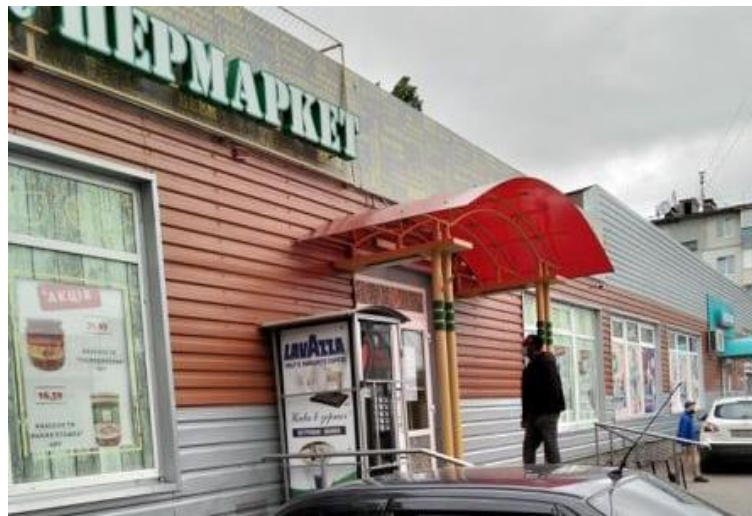


Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд фасаду будівлі супермаркету

Технічні характеристики будівлі, згідно наданої інформації:

- призначення будівлі – підприємство торгівлі;
- кількість поверхів – 1 поверх;
- загальна площа будівлі – 615 м²;
- опалювальна площа приміщень – 597,6м²;
- опалювальний об'єм приміщень – 2689,2 м³;
- опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами – 2952 м³.

Розрахункова кількість людей, що одночасно знаходяться в будинку протягом робочого дня – 210 чоловік.

Графік роботи супермаркету - 08⁰⁰-22⁰⁰.

Забезпечення будівлі тепловою енергією на потреби опалення здійснюється від централізованої системи теплопостачання.

Водопостачання та водовідведення здійснюється централізовано.

Забезпечення будівлі гарячою водою здійснюється автономно. Встановлені два електричні водопідігрівачі.

1.2 Опис дійсного стану будівлі

Конструктивне рішення теплоізоляційної оболонки будівлі наступне.

- Фундаменти: залізобетонні плити.
- Зовнішні стіни: утеплювач, цегляна кладка, штукатурка, метало черепиця .
- Покрівля над приміщеннями: кровельне покриття «Rannila», рештування з бруса, гідробар'єр, утеплювач, пароізоляція, профнастил.
- Покриття на підлозі: бетон, керамічна плитка.
- Перегородки: цегляні та гіпсокартонні листи.
- Світлопрозорі конструкції виконані з пластикових профілів з двокамерними склопакетами.
- Вхідні двері та запасні двері – металопластикові.

1.3 Обстеження енергетичних систем будівлі

1.3.1 Система опалення

Будівля супермаркету «Наш» має централізовану систему теплопостачання. Постачальником тепла є ТОВ «Сумитеплоенерго» згідно договору про постачання теплової енергії № 1075. Система опалення – однотрубна з верхнім розведенням. Перевагою такої системи є менша металоємкість, більш простий монтаж ,ніж при двотрубній системі. Рух гарячого теплоносія відбувається зверху – вниз через труби й опалювальні прилади. Опалювальні прилади приєднані до вертикально розташованих трубопроводів. Теплоносій системи опалення – спеціально підготовлена вода.

Система опалення досліджуваного об'єкта включає наступне устаткування:

- запірно-регулююча арматура;
- вузол обліку теплової енергії;
- елеваторний вузол;
- опалювальні прилади – біметалеві радіатори.

1.3.2 Система електропостачання

Постачання електроенергії відбувається від АТ «Сумиобленерго» на підставі договору про постачання електричної енергії № 981/19. Електрична енергія надходить від трансформаторної підстанції ТП-651 яка знаходиться на балансі АТ «Сумиобленерго» до якої підходить лінії електричних передач з номінальною напругою 0,4 кВт.

1.3.3 Система водопостачання та водовідведення

Водопостачання та водовідведення супермаркету здійснюється централізовано комунальним підприємством КП «Міськводоканал» СМР на підставі Договору №745/19. Вода до будівлі подається по металевій трубі Ø 100 мм з боку вулиці Харківська. Тиск води на вході в будівлю $P_{XB}=0,3$ МПа. Циркуляція води відбувається від тиску в мережах. Основними споживачами води є працівники супермаркету.

Водовідведення відбувається по металевій трубі Ø 80 мм до каналізаційної мережі міста.

1.3.4 Система вентиляції

Вентиляція призначена для створення та підтримання допустимих параметрів повітря у будівлі. Система вентиляції у магазині природня та механічна (в цеху для приготування їжі).

1.3.5 Система обліку енергоресурсів

Облік споживання теплової енергії здійснюється за допомогою теплового лічильника типу Ultraheat T550/UH50 (рис 1.2), термін повірки - 15 червня 2019 р.

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



Рисунок 1.2 – Лічильник теплової енергії [3]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики лічильника теплової енергії [3]

Назва параметру	Значення параметру
Клас точності	2
Живлення	Автономне
Довжина кабеля	1,5 м
Тип встановлення	Горизонтальний
Міжповірочний інтервал	4 роки
Максимальна вимірювана температура	+150 °С

Облік споживання електричної енергії здійснюється лічильником типу ЛТ-3Т, електронний (рис. 1.3), термін повірки - 18 липня, 2019 р

Лічильник встановлений в захисному коробі на вводі до магазину.

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



Рисунок 1.3 – Лічильник електричної енергії [4]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики лічильника ЛТ-3Т [5]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальна напруга	380 В
Номінальний та максимальний струм	5(50)
Клас точності	2
Кількість тарифів	1
Міжповірочний інтервал	6 роки
Номінальна частота	50 Гц
Срок служби	30 років

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



Рисунок 1.4 – Лічильник обліку холодної води [5]

Технічні характеристики даного типу лічильника представлені в таблиці 1.3

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики лічильника [5]

Назва параметру	Значення параметру
Номінальний тиск	1 МПа
Максимальна витрата	3 м ³ /год
Номінальна витрата	1,5 м ³ /год
Мінімальна витрата	0,03 м ³ /год
Міжповірочний інтервал	4 роки
Тип встановлення	Горизонтальний/вертикальний

Термін повірки – 24 липня 2015 року.

Встановлений в підвальному приміщенні на вводі до будівлі.

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

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Станом на 17.11.2020 року тарифи на електричну енергію, теплову енергію та воду складають з ПДВ:

теплова енергія – 1194,17 грн/Гкал;

водопостачання – 9,792 грн/м³;

водовідведення – 9,624 грн/м³;

електрична енергія – 2,72 грн / кВт·год.

1.4 Аналіз обсягів споживання енергоносіїв

1.4.1 Аналіз обсягів споживання теплової енергії

Обсяги споживання теплової енергії будівлею супермаркету «Наш» по місяцях за 2017, 2018 і 2019 роки наведено в таблиці 1.4, та на рисунку 1.5.

Таблиця 1.4 – Обсяги споживання теплової енергії за 2017-2019 роки.

Місяці	Споживання теплової енергії, Гкал		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Січень	25,8	24,7	22,3
Лютий	23,6	22,1	20,5
Березень	13,1	12,0	11,7
Квітень	1,5	0,9	0,5
Травень	0,0	0,0	0,0
Червень	0,0	0,0	0,0
Липень	0,0	0,0	0,0
Серпень	0,0	0,0	0,0
Вересень	0,0	0,0	0,0

Продовження таблиці 1.4

Жовтень	14,5	14,4	14,8
Листопад	16,7	15,2	14,6
Грудень	26,2	26,6	25,4
Всього	121,4	115,9	109,8

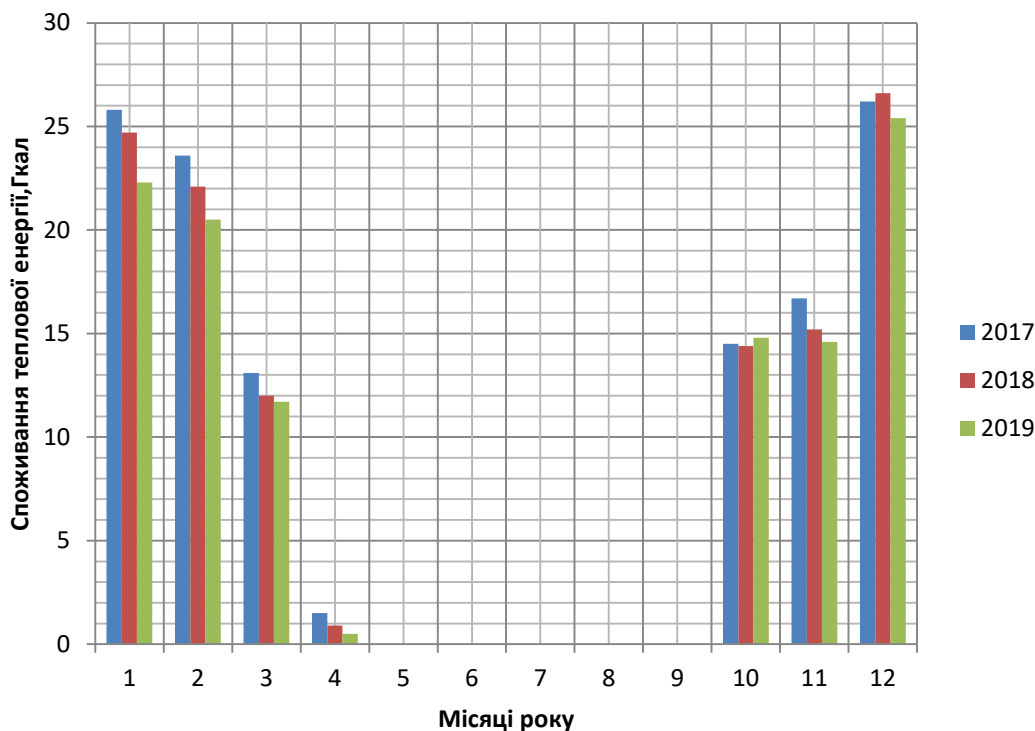


Рисунок 1.5 – Діаграма споживання теплової енергії за 2017-2019 роки

Як видно з діаграми максимуми споживання теплової енергії припадають на січень та лютий місяці. Причиною цього є кліматичні умови. Загалом споживання по місяцям є плавно зростаючим з початку опалювального періоду і починає плавно спадати в кінці зимових місяців.

1.4.2 Аналіз обсягів споживання електричної енергії

Обсяги споживання електричної енергії будівлею супермаркету «Наш» по місяцях за 2017, 2018 і 2019 роки наведено в таблиці 1.5, та на рисунку 1.6.

Таблиця 1.5 – Обсяги споживання електричної енергії за 2017 – 2019 роки

Місяці	Споживання електричної енергії, кВт·год		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Січень	7010	250	7980
Лютий	7305	8615	8990
Березень	6200	6395	6110
Квітень	5590	6485	6210
Травень	6350	6605	6110
Червень	6550	6490	6320
Липень	6705	7570	4569
Серпень	7535	6790	3710
Вересень	7455	7255	5325
Жовтень	7705	6605	5580
Листопад	7780	7030	6630
Грудень	6350	4815	5217
Всього	82535	74905	72751

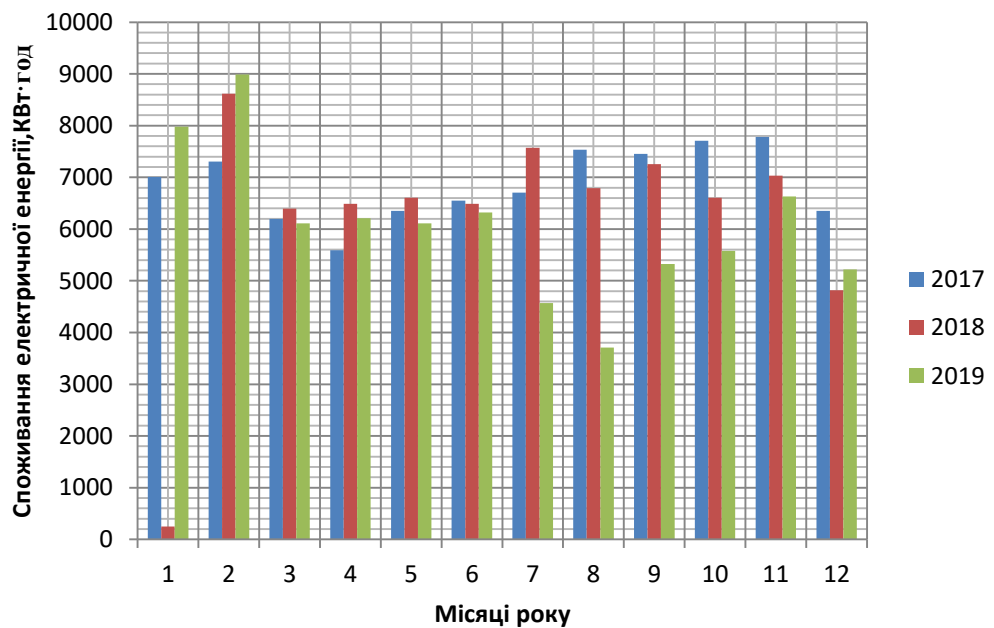


Рисунок 1.6 – Діаграма споживання електричної енергії за 2017-2019 роки

Як видно з діаграми, кількість споживання електричної енергії протягом року не змінюється В 2018 та 2019 році рівень споживання електричної енергії менший в порівнянні з 2017 роком. Це можна пояснити тим, що в будівлі було встановлене менш енергоємне обладнання, працівники краще стали слідкувати за умовами використання електричної енергії.

1.4.3 Аналіз обсягів споживання холодної води

Обсяги споживання води будівлею супермаркету «Наш» по місяцях за 2017, 2018 і 2019 роки наведено в таблиці 1.6, та на рисунку 1.7.

Таблиця 1.6 – Обсяги споживання холодної води за 2017 – 2019 роки

Місяці	Споживання холодної води, м ³		
	2017 рік	2018 рік	2019 рік
Січень	59	58	49
Лютий	56	61	61
Березень	58	63	51
Квітень	49	53	57
Травень	48	56	55
Червень	48	49	58
Липень	47	47	58
Серпень	44	43	54
Вересень	54	50	59
Жовтень	54	58	50
Листопад	50	45	58
Грудень	59	56	56
Всього	626	639	666

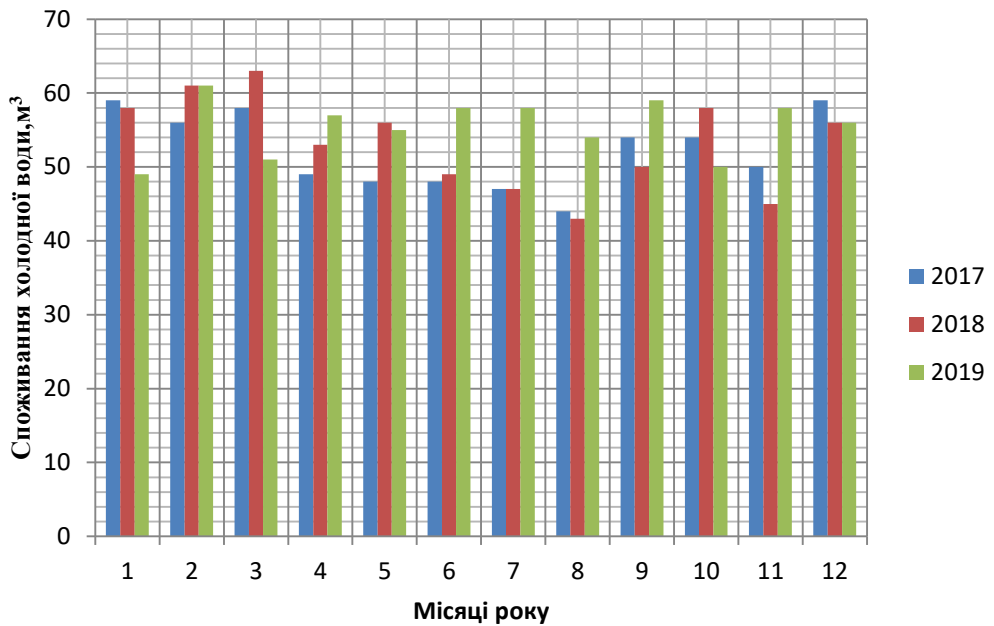


Рисунок 1.7 – Діаграма споживання холодної води за 2017-2019 роки

Як бачимо з графіка споживання холодної води протягом року рівномірне. Це пояснюється режимом та сталими технологічними процесами в магазині, які передбачають використання холодної води (приготування продуктів харчування, миття рук, побутові потреби).

1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв

1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання теплової енергії

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

Питома потреба (EP) – це показник енергоефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до об'єму будівлі для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку [6]:

$$EP = \frac{Q_{\text{оп}}}{V_{\text{буд}}^{\text{оп}}}, \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3} \quad (1.1)$$

де $Q_{\text{оп}}$ – величина споживаної теплової потужності будинку за весь опалювальний період (за обліковими даними), кВт·год;

$V_{\text{буд}}^{\text{оп}}$ – опалювальний об'єм будинку, м³.

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [6]:

$$EP \leq EP_{\text{max}}, \quad (1.2)$$

де EP – питома річна енергопотреба будівлі, кВт·год/м³;

EP_{max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі за опалювальний період, кВт год/м³ [6].

Нормативна питома енергопотреба для будівель підприємств торгівлі першої температурної зони становлять [6]:

$$EP_{\text{max}} = 45 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{м}^3} = 0,039 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}.$$

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

- за 2017 рік – $Q_{\text{оп}} = 121,4$ Гкал;
- за 2018 рік – $Q_{\text{оп}} = 119,9$ Гкал;
- за 2019 рік – $Q_{\text{оп}} = 109,8$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- за 2017 рік – $EP = 0,045$ Гкал/м³;
- за 2018 рік – $EP = 0,43$ Гкал/м³;
- за 2019 рік – $EP = 0,04$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними роками становить – $EP = 0,043$ Гкал/м³.

Отриманий результат по будівлі не відповідає нормативній умові (1.2).

Такий стан усіх технологічних і конструктивних елементів, що визначають енергетичну ефективність процесу створення і підтримки теплового балансу в будівлі, необхідно вважати незадовільними.

1.6 Опис теплонасосної установки системи опалення з використанням теплоти ґрунту

Тепловий насос – це пристрій, який працює за принципом зворотного холодильної машини, передаючи тепло від низькотемпературного джерела до середовища з більш високою температурою, наприклад системі опалення вашого будинку [7].

Принцип роботи теплового насоса схожий до роботи звичайного холодильника, тільки навпаки. Холодильник відбирає тепло від харчових продуктів і переносить його назовні. Тепловий насос переносить тепло, накопичене в ґрунті, землі, водоймі, підземних водах або повітрі, у Ваш будинок [7].

Як і холодильник, цей енергоефективний теплогенератор має наступні основні елементи:

- конденсатор (теплообмінник, в якому відбувається передача тепла від холодоагенту до елементів системи опалення приміщення: низькотемпературних радіаторів, фанкойлів, теплій підлозі) [7];

- дросель (пристрій, який служить для зниження тиску, температури і, як наслідок, замикання теплофікаційного циклу в тепловому насосі) [7];

- випарник (теплообмінник, в якому відбувається відбір тепла від низькотемпературного джерела до теплового насоса) [7];

- компресор (пристрій, в який підвищує тиск і температуру пари холодоагенту).

Принципова схема теплового насоса з вказівкою напрямку руху холодильного агента для опалення та охолодження будівлі наведена на рис.1.8.

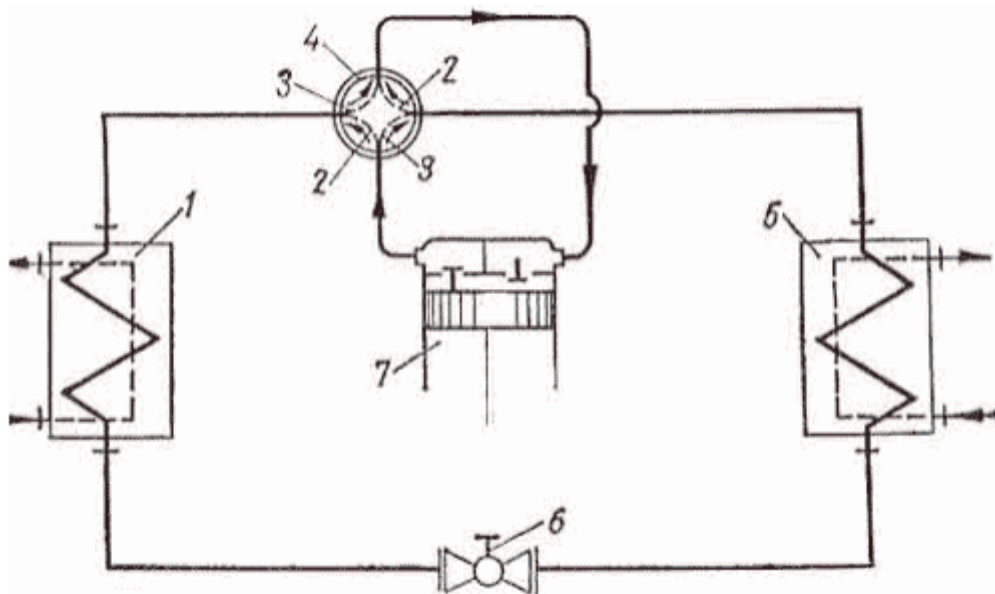


Рисунок 1.8 – Принципова схема теплового насоса [7]

1 - зовнішній теплообмінник; 2 - напрямок руху холодоагенту при охолодженні приміщення; 3 - напрямок руху холодоагенту при опаленні приміщення; 4 - чотирьохходовий кран-перемикач; 5 - внутрішній теплообмінник; 6 - регулюючий вентиль; 7 - компресор.

Зовнішній теплообмінник розташований у джерел тепла, внутрішній - в приміщенні, яке потрібно нагрівати взимку і охолоджувати влітку. Тепловий насос облаштований таким чином, щоб змусити тепло рухатися в зворотному напрямку. Наприклад, під час нагрівання будинку, тепло відбирається від якого-небудь холодного зовнішнього джерела (землі, річки, озера, зовнішнього повітря) і передається в будинок [7].

Для охолодження (кондиціонування) будинку тепло відбирається від більш теплого повітря в будинку і передається назовні. У цьому відношенні тепловий насос схожий на звичайний гідравлічний насос, який перекачує рідину з нижнього рівня на верхній, тоді як у звичайних умовах рідина завжди рухається з верхнього

рівня на нижній [7]. На сьогоднішній день найбільш розповсюдженими є парокомпресійні теплові насоси. В основу принципу їх дії лежать два явища: по-перше, поглинання і виділення тепла рідиною при зміні агрегатного стану - випаровування і конденсація, відповідно; подруге, зміна температури випаровування (і конденсації) при зміні тиску. У випарнику теплового насоса робочим тілом є - холодоагент, який не містить хлору, - він знаходиться під низьким тиском і кипить при низькій температурі, поглинаючи тепло низькопотенційного джерела. Потім робоче тіло стискається в компресорі, який приводиться в рух за допомогою електричного або іншого двигуна, і потрапляє в конденсатор, де при високому тиску конденсується при більш високій температурі, віддаючи тепло конденсації приймачу тепла, наприклад, теплоносія системи опалення. З конденсатора робоче тіло через дросель знову потрапляє у випарник, де його тиск знижується, і процес кипіння холодоагенту починається знову [7].

Тепловий насос здатний відбирати тепло від декількох джерел, наприклад, повітря, води або землі. Таким же шляхом він може скидати тепло в повітря, воду або землю. Більш тепле середовище, яка сприймає тепло, називається теплоприймачем. Залежно від типу джерела і приймача тепла, випарник і конденсатор можуть бути виконані як теплообмінники типу "повітря-рідина", так і "рідина-рідина". Регулювання роботи системи опалення з використанням теплових насосів в більшості випадках здійснюється за допомогою його включення і виключення по сигналу датчика температури, який встановлений в приймачі (при нагріванні) або джерелі (при охолодженні) тепла. Налаштування теплового насоса зазвичай здійснюється зміною перетину дроселя (терморегулюючого вентиля). Як і холодильна машина, тепловий насос використовує механічну (електричну або іншу) енергію для реалізації термодинамічного циклу. Ця енергія використовується на привід компресора (сучасні теплові насоси потужністю до 100 кВт комплектуються високоефективними скрол компресорами) [7]. Коефіцієнт перетворення (коефіцієнт трансформації або ефективності) теплового насоса - це співвідношення кількості теплової енергії яку виробляє тепловий насос до кількості електричної енергії, яку вона споживає. Коефіцієнт перетворення

залежить від рівня температур у випарнику і конденсаторі теплового насоса. Це значення коливається для різних теплонасосних систем в діапазоні від 2,5 до 7, тобто на 1 кВт витраченої електричної енергії тепловий насос виробляє від 2,5 до 7 кВт теплової енергії, що не під силу ні конденсаційному газовому котлу, ні будь-якого іншого генератору тепла [7]. Тому можна стверджувати, що парокомпресійні теплові насоси виробляють тепло, використовуючи мінімальну кількість дорогої електричної енергії. Температурний рівень тепlopостачання від теплових насосів - 35-60 °С. Економія дорогих енергетичних ресурсів при такому температурному режимі досягає 75% [7].

Комбіновані теплонасосні системи тепlopостачання, що здатні забезпечити опалення та гаряче водопостачання будинку весь опалювальний період, потребують сезонного теплового акумулювання. Так, як опалювальний період для України, яка знаходиться в середніх широтах, становить в середньому 180 діб, сезонний акумулятор теплоти повинен бути великої теплової ємності, а це значить, мати значну кількість акумулюючого середовища, з високою теплоємністю і бути безпечним з точки зору впливу на навколишнє середовище. Для сезонних акумуляторів теплоакумулюючим середовищем може бути вода, водні розчини солей, природний камінь, галька, ґрунт, тощо. Залежно від цього системи акумулювання теплоти можна розділити на: ємнісні (водяні) акумулятори та ґрунтові акумулятори.

За конструкцією і принципом дії ємнісні акумулятори можуть бути:

- а) з твердою насадкою
- б) з рідинним теплоакумулюючим матеріалом.

В акумуляторі з твердою насадкою накопичення теплоти відбувається шляхом почергового нагрівання та охолодження твердого теплоакумулюючого матеріалу. Такі акумулятори використовуються при повітряному опаленні. Пориста насадка зазвичай виконується з дробленого каменю, гальки, керамічних кульок, теплоносієм в них є повітря. Тривалість нагрівання та охолодження розраховується за формулами нестационарної теплопровідності. Враховуються розміри і форми елементів насадки, їх теплофізичні властивості та взаємодія з потоком повітря.

Ємнісні акумулятори з рідинним теплоакумуючим матеріалом або просто водяні акумулятори – це резервуари великої місткості, які можуть створюватися штучно або в природних порожнинах скельних порід. Вода є досить зручною у практичному відношенні речовиною, здатною акумулювати теплоту завдяки своїй великій теплоємності. У водяному акумуляторі енергія вводиться і виводиться перенесенням самого акумулюючого середовища, що виключає втрати теплоти між рідиною, що переносить теплоту, і акумулюючим середовищем.

Відомий метод великомасштабного сезонного акумулювання, заснований на використанні системи свердловин в ґрунті, в яких закладені металеві або пластмасові труби з циркуляцією теплоносія для зарядки і розрядки. Число вертикальних свердловин і горизонтальних каналів визначається необхідним обсягом акумулятора, що залежать від навантаження споживача. Теплова ефективність ґрунтового акумулятора визначається теплофізичними і гідрогеологічними властивостями ґрунту, типом і компонуванням ґрунтових теплообмінників, глибиною їх розташування [8]. Горизонтальні канали використовуються в основному для вилучення природно акумульованої теплоти ґрунту з верхніх шарів. Вони зазвичай розташовуються на глибині 1-3 м (рис.1.9).

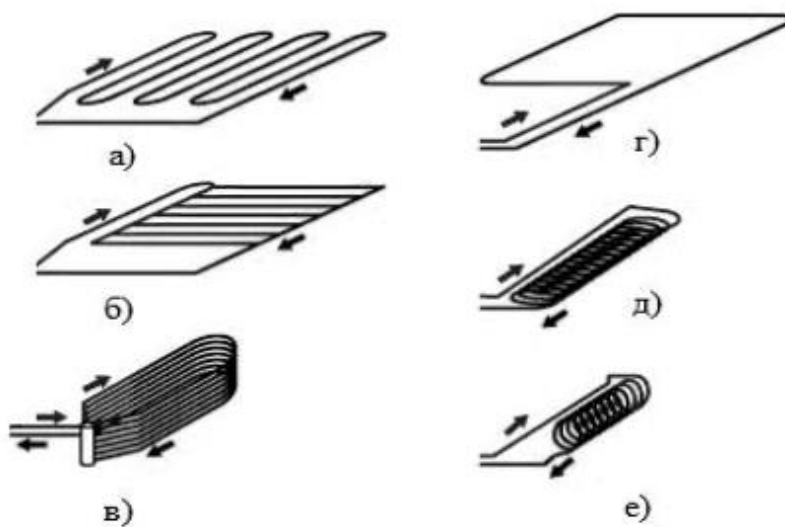


Рисунок 1.9 - Схеми горизонтальних теплообмінників для вилучення теплоти ґрунту, тут: а - з послідовно з'єднані труби; б - з паралельно з'єднані труби; в -

колектор, укладений в траншеї; г – теплообмінник у формі петлі; д – теплообмінник у формі горизонтальної спіралі; е – теплообмінник у формі вертикальної спіралі [8]

Для сезонного акумулювання використовуються також вертикальні свердловинні ґрунтові теплообмінники (рис. 1.10).

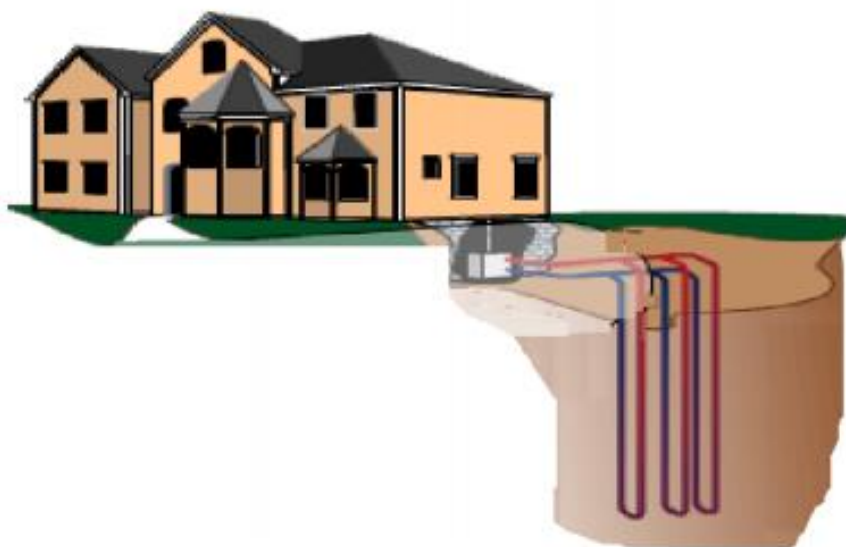


Рисунок 1.10 – Свердловинний ґрунтовий теплообмінник [8]

Принцип дії опалення геотермальними тепловими насосами заснований на зборі тепла із ґрунту або води, і передачі зібраного тепла на обігрів будинку. Для збору тепла незамерзаюча рідина тече по трубі, розташованій у ґрунті або водоймі, до теплового насоса. Тепловий насос, подібно холодильнику, відбирає близько $8\text{ }^{\circ}\text{C}$ у незамерзаючої рідини, при цьому рідина охолоджується. Рідина знову тече по трубі, відновлює свою температуру й надходить до теплового насоса. Відібрані тепловим насосом градуси передаються системі опалення або на підігрів гарячої води. Можливість відбирати тепло в підземній воді - підземна вода з температурою близько $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ подається зі свердловини до теплового насоса, який охолоджує воду до $+1\dots+2\text{ }^{\circ}\text{C}$, і повертає під землю. Теплова енергія є в будь-якого предмета з температурою вище мінус двісті сімдесят три градуси - так званий

"абсолютний нуль". Тобто, тепловий насос може відібрати тепло в будь-якого предмета - землі, водойму, льоду, підземної скелі, пливуну і т.д. У кліматичних умовах України для опалення будинку енергія забирається із ґрунту (або водойму) і віддається в систему опалення будинку. Якщо ж будинок, наприклад влітку, потрібно прохолоджувати (кондиціонувати), то відбувається зворотній процес - тепло забирається з будинку і скидається в землю (водойм). Той же тепловий насос може працювати взимку на опалення, а влітку на охолодження будинку. Очевидно, що теплонасос одночасно може виконувати функції, що впливають - гріти воду для гарячого побутового водопостачання, кондиціонування через фанкойли, гріти басейн, охолоджувати, наприклад, льодову ковзанку, підігрівати дах і доріжки від льоду. Тобто, одне встаткування може взяти на себе всі функції по тепло- та холодозабезпеченню будинку. Як відомо, на глибині 15-20 м від поверхні земля має стабільну температуру 10-12 град. незалежно від пори року. Зі збільшенням глибини температура землі підвищується. Цей спосіб забезпечує найвищу ефективність роботи теплонасоса, малу витрату електроенергії і дешеве тепло - на 1 кВт електроенергії одержують до 5 кВт теплової енергії, але вимагає великих первісних капіталовкладень.

Такий спосіб дозволяє одержувати тепло, собівартість якого на даний момент більш ніж у сім раз дешевше того, що виробляється традиційним способом - шляхом спалювання паливних матеріалів (31 грн/1 Гкал порівняно з 230-240 грн/1 Гкал). Розрахунки зроблено на підставі даних з Криму, де розробка набула найбільшого поширення: з 12 пар свердловин для одержання підземного тепла 9 пробурено в автономії. Якби ця технологія була поставлена на потік - можна було б щорічно заощаджувати 10 тис. т умовного палива за підрахунками вчених. Цієї енергії цілком достатньо, щоб обігріти 100 однопід'їзних дев'ятиповерхових будинків. Якщо ж систему доповнити ще й теплонасосною установкою, то потужність і, відповідно, економію можна збільшити ще в 3,5 рази. Використовувати описану технологію одержання тепла можна лише в безпосередній близькості від геотермального джерела [8].

В даний час широкого поширення набули теплонасосні установки, призначені для вилучення низько потенційної теплоти з ґрунту з подальшим її використанням для систем автономного опалення, гарячого водопостачання та кондиціонування приміщень будівель різного призначення. Важливим елементом таких установок є горизонтальний ґрунтовий колектор, ефективність роботи якого значно впливає на тепловий насос.

Зазвичай горизонтальний колектор являє собою плоский змійовик, розташований в траншеях, в якому циркулює теплоносій. Перевагою ґрунтових колекторів неглибокого закладення є природне відновлення в теплий період (за рахунок сонячної інсоляції, або при пасивному кондиціюванні) температурного стану ґрунтового масиву після експлуатації теплонасосної системи теплопостачання в опалювальний період. Однією з важливих умов ефективної роботи ґрунтового колектора, як теплообмінного пристрою, є раціональний вибір його конструкційних параметрів, таких як загальна довжина трубопроводу, діаметр труби, відстань між осями сусідніх труб змійовика, глибина закладення і т.п. Оптимальні величини даних параметрів можуть бути отримані на основі варіантних розрахунків теплових режимів колекторів при різних значеннях вказаних величин [8].

2 ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ВИЗНАЧЕНОЇ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ; ПРЕДСТАВЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ ЗА КОЖНИМ ЕТАПОМ РОЗРАХУНКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma пр}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ повинний бути не менше за вимагаємих значень $R_{q \text{ min}}$, які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження[9].

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

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q \text{ min}} \quad (2.1)$$

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

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

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

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

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}}, \quad (2.2)$$

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

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

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку.

Приведений опір теплопередачі, $R_{\Sigma np}$, м²·К/Вт, непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.1) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_g} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_z} = \frac{1}{\alpha_g} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_z} \quad (2.3)$$

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

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

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (2.2), м² · К/Вт; [9]

2.2 Розрахунок тепловтрат

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

2.2.1 Сумарні розрахункові тепловтрати приміщень

$$\sum Q_{втр} = \sum Q_0 + \sum Q_o + \sum Q_{инф} + \sum Q_{\epsilon}, \text{ Вт} \quad (2.4)$$

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

ΣQ_d – сумарні додаткові втрати теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції, Вт;

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

ΣQ_v – сумарні додаткові втрати теплоти на витяжну вентиляцію, Вт.

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

$$Q_0 = \frac{F_{orp}}{R_{\Sigma np}} \cdot (t_6 - t_3) \cdot n, \text{ Вт} \quad (2.5)$$

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

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

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

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

2.2.2 Сумарні втрати теплоти через огорожувальні конструкції визначаються по наступному вираженню

$$\Sigma Q_0 = \Sigma Q_{cm} + \Sigma Q_{cml} + \Sigma Q_{vkn} + \Sigma Q_{z.d} + \Sigma Q_{podl}, \text{ Вт} \quad (6)$$

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

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

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

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

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

2.3 Розрахунок додаткових тепловтрат через огорожувальні конструкції

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

2.3.1 Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинків

$$\Sigma Q_{op}^o = \Sigma Q_{cm} \cdot \beta_{op}, \text{ Вт} \quad (2.7)$$

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

β_{op} – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу ($\beta_{op}=0,13$) [9].

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

$$\Sigma Q_{ндл}^o = 0,05 \cdot Q_{ндл}, \text{ Вт} \quad (2.8)$$

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

2.3.3 Величина сумарних додаткових втрат теплоти через огорожувальні конструкції

$$\Sigma Q_o = \Sigma Q_{op}^o + \Sigma Q_s^o + \Sigma Q_{ндл}^o, \text{ Вт} \quad (2.9)$$

де: ΣQ_{op}^0 – сумарні додаткові тепловтрати через зовнішні огороження на орієнтацію, Вт;

ΣQ_{ϵ}^0 – сумарні тепловтрати по висоті приміщень, Вт;

$\Sigma Q_{подл}^0$ – сумарні тепловтрати через неутеплені підлоги, Вт.

2.4 Додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

2.4.1 Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи

$$Q_{вкн}^{инф} = 0,28 \cdot G_{н.вкн} \cdot F_{вкн} \cdot c \cdot (t_{в} - t_{з.р}) \cdot n_{\epsilon}, \text{ Вт} \quad (2.10)$$

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

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

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

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

n_{ϵ} – кількість однотипних вікон.

2.4.2 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:

$$G_{вд} = B \cdot H \cdot [0,33 \cdot k_q \cdot (g \cdot H \cdot \Delta\rho / \rho_c) \cdot 0,5 + 0,125 \cdot v] \cdot \rho_c, \text{ кг/с} \quad (2.11)$$

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

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

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

v – швидкість вітру під кутом до дверей (I-а кліматична зона – 2 м/с ; II-а кліматична зона – $2,1 \text{ м/с}$) [9];

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

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

$$\rho_c = \frac{353}{[273 + 0,5 \cdot (t_g + t_{cp.on})]} \quad (2.12)$$

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

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

$$Q_{ep}^{inf} = G_{ep} \cdot c \cdot (t_g - t_{z.p}) \cdot k_g, \text{ кВт} \quad (2.13)$$

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

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

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

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

2.4.3 Додаткові тепловтрати на інфільтрацію повітря через нещільність дверей

$$Q_{3.d}^{inf} = 0,28 \cdot G_{3.d} \cdot c \cdot (t_g - t_z), \quad (2.14)$$

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

t_b , $t_{z.p}$ – відповідно температури внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;

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

$$G_{з.д} = b_{н.д} \cdot L_{н.д} \cdot v_{ср.н.д} \cdot m_n \cdot 3600, \quad (2.15)$$

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

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

$v_{ср.н.д}$ – осереднена швидкість інфільтрації холодного повітря через нещільність (приймається 0,8 м/с), м/с [9];

m_n – маса 1 м³ повітря (для практичних розрахунків беруть $m_n = 1,3$ кг)[9].

Сумарні додаткові втрати теплоти на інфільтрацію холодного повітря

$$\sum Q_{инф} = Q_{вкн}^{инф} + Q_{вр}^{инф} + Q_{з.д}^{инф}, \text{ Вт} \quad (2.16)$$

2.5 Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію

У випадку природної вентиляції розрахунок втрат теплоти проводиться по наступній залежності

$$Q_s = 0,28 \cdot V_{II} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_s - t_{з.р}) \cdot n_k \cdot k_v, \text{ Вт} \quad (2.17)$$

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

t_s і $t_{з.р}$ – температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °С;

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

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

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 $k_v=0,85$).

2.6 Розрахунок теплонадходжень

2.6.1 Теплонадходження від людей

$$Q_l = q_l \cdot n_l, \text{ Вт} \quad (2.18)$$

де q_l – явні теплонадходження від людей, Вт;

n_l – кількість людей.

2.6.2 Теплонадходження від працюючого електроустаткування

$$Q_{el} = N_{el} \cdot (1 - k_{II} \cdot \eta + k_T \cdot k_{II} \cdot \eta) \cdot k_c, \text{ Вт} \quad (2.19)$$

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;

2.6.3 Теплонадходження від джерел освітлення

$$Q_{осв} = N_l \cdot k_{осв} \cdot n_l \cdot k_3, \text{ Вт} \quad (2.20)$$

де N_l – потужність одного джерела освітлення, Вт;

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

k_3 – коефіцієнт завантаження освітлення;

n_l – кількість однотипних джерел освітлення.

2.6.4 Теплонадходження від сонячної радіації

$$Q_{рад} = (q_c \cdot F_c + q_T \cdot F_T) \cdot k_{O.П}, \text{ Вт} \quad (2.21)$$

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

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

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

2.6.5 Сумарні теплонадходження

$$Q_{ти} = Q_l + Q_{ел} + Q_{осв} + Q_{рад}, \text{ Вт} \quad (2.22)$$

2.7 Визначення теплової потужності всієї будівлі

$$\Delta Q = \Sigma Q_{отп} - \Sigma Q_{ти}, \text{ Вт} \quad (2.23)$$

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

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

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій корпусів закладу, який обстежується представлені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальної конструкції	Допустиме значення опору теплопередачі $R_{q\ min}$, $m^2 \cdot K/W$	Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma\ пр}$, $m^2 \cdot K/W$
Стеля	4,95	2,8
Зовнішня стіна	3,3	3,0
Двері	0,6	0,6
Вікна	0,75	0,75
Підлога	3,75	2,1

Отримані результати ($R_{\Sigma\ пр} \ll R_{q\ min}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [6]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберіжних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

Розрахунок теплової потужності будівлі виконаємо за допомогою програми Microsoft Excel [10].

Вихідні дані та результати розрахунку наведено в таблиці 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані для розрахунку	Значення параметру
Температура у середині приміщення	20
Температура в підвальному приміщенні	6
Температура зовнішнього повітря	-25
Загальна площа зовнішніх стін	537,6
Загальна площа площі сперекриття даху	615
Загальна площа вікон	54
Загальна площа дверей	9,2
Загальна площа перекриття над тех.підпіллям	615
Допоміжний коефіцієнт	0,28

Кількість інфільтрованого холодного повітря через нещільність віконного огородження	8
Коефіцієнт теплоємності повітря	1,005
Внутрішній об'єм приміщення	2689,2
Густина повітря, яке видаляється з приміщення	1,3
Коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання	0,85
Кратність повітрообміну приміщення	0,8
Кількість людей в приміщенні	210
Явні теплонадходження від людей	103
Номінальна потужність електроустаткування	10500
Коефіцієнт завантаження	0,85
ККД електроустаткування	0,9
Коефіцієнт переходу тепла в приміщення	0,9
Коефіцієнт попиту на електроенергію	0,3
Потужність одного джерела освітлення	20
Коефіцієнт переходу електричної енергії в теплову	0,4
Коефіцієнт завантаження освітлення	0,6
Кількість однотипних джерел освітлення	20
Тепловий потік, що надходить через 1 м ² скління освітленого сонцем	250
Тепловий потік, що надходить через 1 м ² скління перебуваючого в тіні	100
Площа заповнення світлових прорізів	49
Площа заповнення світлових прорізів (в тіні)	5
Коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового прорізу	0,6

Таблиця 2.3 – Результати розрахунку

Розрахункові дані	Значення параметру
Приведений опір теплопередачі для зовнішніх стін	3
Приведений опір теплопередачі для стелі	2,8
Приведений опір теплопередачі для дверей	0,6
Визначення приведенного опору теплопередачі для вікон	0,75
Визначення приведенного опору теплопередачі для підлоги	2,1
Втрати теплоти через стіни,Вт	7168
Втрати теплоти через стелю,Вт	8785,714
Втрати теплоти через вікна,Вт	2880
Втрати теплоти через підлогу,Вт	3514,286
Тепловтрати на інфільтрацію повітря через світлові прорізи,Вт	4862,592

Продовження таблиці 2.3

Тепловтрати на витяжну вентиляцію,Вт	26758,36
Сумарні тепловтрати,Вт	53968,95
Теплонадходження від людей, Вт	21630
Теплонадходження від електроустаткування, Вт	2909,025
Теплонадходження від джерел освітлення,Вт	96
Теплонадходження від сонячної радіації,Вт	7650
Сумарні теплонадходження,Вт	32285,03
Теплова потужність будівлі,Вт	21683,92

2.8 Розрахунок теплового насоса для системи теплопостачання

Тепловий насос, що забезпечує необхідну роботу систему теплопостачання, повинен мати достатній робочий діапазон та потужність для випадків, коли система споживає як мінімум теплової енергії, так і її максимум.

Даний проект спрямований на відмову від використання централізованої системи теплопостачання для потреб опалення будівлі супермаркету.

Методику розрахунку теплового насоса для потреб опалення наведено в [11].

Опалювальна площа будинку: $F_h = 597,6 \text{ м}^2$.

Знаходимо потужність насоса, що необхідна для потреб опалення, з урахуванням годин його роботи [11]:

$$P_{on} = \frac{21683,9 \cdot 24}{(20 + 2)} = 23655,2 \text{ Вт}.$$

Необхідний об'єм бака-акумулятора:

$$V_{бак} = \frac{P_{TH} \cdot 3600}{\rho \cdot c_p \cdot (t_1 - t_2)} = \frac{23655,2 \cdot 3600}{1000 \cdot 4200 \cdot (35 - 0)} = 0,6 \text{ м}^3 = 600 \text{ л}$$

Розрахунок необхідної довжини труб для вертикального теплового насоса знайдемо за формулою:

$$L_c = \frac{10^3 \cdot P_{TH}}{q_c} \left(\frac{\varphi - 1}{\varphi} \right) \text{ м} \quad (2.24)$$

Де P_{TH} – потужність насоса.

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

φ - коефіцієнт перетворення ТН [12].

$$L_c = \frac{23655,2}{50} \left(\frac{5,01 - 1}{5,01} \right) = 378,5 \text{ м}$$

Кількість зондів вибрано $n=5$. Отже довжина одного зонду $L=80$ м.

Після проведення розрахунків був вибраний тепловий насос типу NIBE 1345 (рис.2.1) [13].



Рисунок 2.1 – Тепловий насос NIBE 1345 [13]

NIBE 1345 – це найпотужніший тепловий насос ґрунт-вода або вода-вода з лінійки двохкомпресорних з одним фреоновим контуром. Призначений для забезпечення теплом системи опалення або для приготування гарячої води в будинках площею до 650 м² [13].

Принципова схема розміщення теплового насоса зображена на рисунку 2.2.



Рисунок 2.2 – Принципова схема розміщення теплового насосу [14]

Вартість теплового насосу, включаючи транспортування, пусконаладжувальні роботи, обслуговування, консультування при виникненні позаштатних ситуацій (погана електромережа, вина споживачів, тощо) складає приблизно $K = 12200$ євро [14] (Станом на 05.10.2020 року 1 євро= 33,4 грн.) Тоді $K = 12200 \cdot 33,4 = 407480$ грн.

Монтаж теплового насосу складає 30 % від його вартості.

Тоді загальна вартість теплового насосу складає:

$$K_n = 407480 \cdot 1,3 = 529724 \text{ грн.}$$

За опалювальний рік будівлею споживається теплової енергії (в грошовому еквіваленті):

$$\Delta E = 109,8 \cdot 1194,17 = 131119,9 \text{ грн} \quad (2.25)$$

Простий термін окупності

$$T_{ок} = \frac{K}{\Delta E} = \frac{529724}{131119} = 4 \text{ роки.}$$

2.9 Розрахунок фотоелектричних панелей

У якості джерела електроенергії будуть використовуватися фотоелектричні панелі.

Сонячна електростанція для будинку дозволяє перетворювати теплову енергію сонячних променів в електричну. Головна перевага сонячної енергії – відсутність будь-яких шкідливих викидів, випромінювань, відходів.

Так, як сонячна енергія не завжди є доступною через погодні умови, коли є навантаження, і навпаки, необхідно зберігати вироблену енергію у блоках акумуляторів.

Ємність акумуляторів залежить від кількості сонячних панелей і від бажаного часу автономної роботи. Для того, щоб акумулятори слугували якомога довше, їх зарядом від сонячних батарей керує сонячний контролер. Характеристики контролера визначається за сонячними модулями.

Сонячні панелі, акумулятори, контролер заряду – це прилади постійного струму, а нам потрібен змінний струм (220 В). Для цього в системі використовується інвертор (перетворювач). Його потужність залежить від потужності навантаження, яке ми збираємося підключити.

Згідно даних таблиці 1.5, для забезпечення добового енергоспоживання необхідно 150 кВт·год електричної енергії влітку та 250 кВт·год взимку. Також врахуємо втрати на розряд-заряд акумулятора. Величину втрат приймемо 20%:

$$W_l^{заг} = 150 \cdot 1,2 = 180 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

$$W_3^{заг} = 250 \cdot 1,2 = 300 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Для забезпечення будинку електроенергією обираємо сонячні панелі PerligSolarPLM-260P-60 (рис.2.3) [13].



Рисунок 2.3 – Вигляд сонячної панелі [15]

Потужність електричної енергії, що виробляється за допомогою однієї панелі:

$$W_n = 0,7 \cdot 0,26 = 0,182 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу},$$

$$W_z = 0,5 \cdot 0,26 = 0,13 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу},$$

де 0,7 та 0,5 – поправкові коефіцієнти для літнього та зимового періодів відповідно;

0,26 – потужність однієї панелі, кВт/год

Необхідна кількість панелей згідно [11]:

$$N = \frac{W_{\text{заг}}}{W} \quad (2.2)$$

Для літнього періоду:

$$N_n = \frac{180}{0,182} = 989 \text{ панелей.}$$

Для зимового періоду:

$$N_3 = \frac{300}{0,13} = 2307 \text{ панелей.}$$

Отже, для задоволення потреб у електроенергії необхідно встановити 2307 фотоелектричні панелі.

Оскільки кількість фотоелектричних панелей занадто велика, пропонується встановити частину на даху будівлі (дана кількість панелей буде використовуватись наприклад для потреб внутрішнього та зовнішнього освітлення, роботи дрібної побутової техніки).

Розміри фотоелектричної панелі складають 1640x992 мм. На даху будівлі можна встановити приблизно 370 панелей.

Взимку та влітку за 1 день буде вироблена така кількість електроенергії:

$$Q_3 = N_3 \cdot W_3 = 370 \cdot 0,13 = 48,1 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

$$Q_7 = N_7 \cdot W_7 = 370 \cdot 0,182 = 67,3 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Невикористана у денний період енергія буде накопичуватися у акумуляторах для забезпечення нічних потреб у електроенергії.

$$Q_3'' = 48,1 - 48,1 = 0 \text{ кВт} \cdot \text{год.},$$

$$Q_7'' = 67,3 - 48,1 = 19,2 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Для вибору ємності акумулятора будемо орієнтуватися на літній період, оскільки у зимовий не потрібно акумулювати велику кількість електроенергії. Надлишок виробленої енергії можна продавати у загальну електромережу за «Зеленим тарифом».

Необхідну ємність акумулятора знайдемо за формулою [11]:

$$Q = \frac{Q_3'' \cdot t}{V \cdot k} \quad (2.3)$$

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

V - напруга, В;

k – коефіцієнт використання акумулятора.

$$Q = \frac{19,2 \cdot 12}{12 \cdot 0,7} = 27,5 A \cdot год.$$

Обираємо акумулятор LP LiFePo-4 24 V - 36 Ah (BMS 60A) [16].

Принципова схема розміщення сонячних панелей зображена на рисунку 2.4.

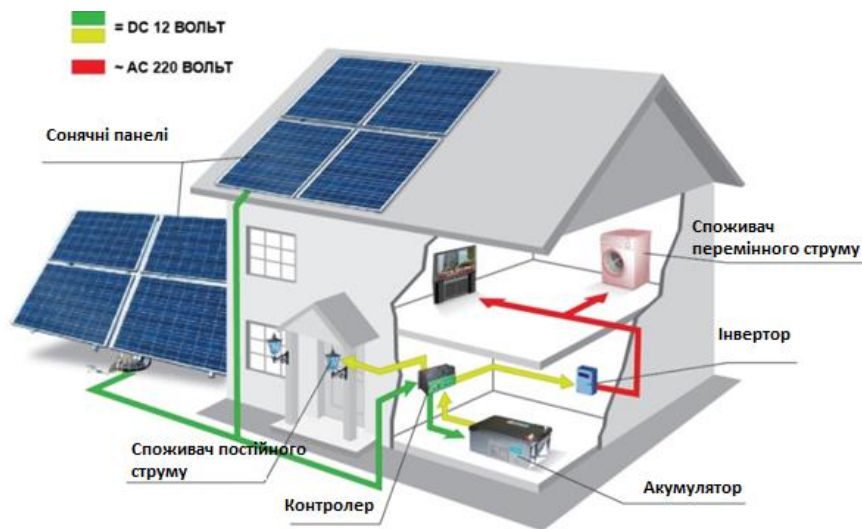


Рисунок 2.4 – Принципова схема розміщення сонячних панелей [17]

В результаті розрахунків ми підібрали тепловий насос, який забезпечує тепло та гарячою водою всю будівлю в повному обсязі, а також встановлення сонячних панелей для забезпечення електричною енергією.

Саме дані відновлювані джерела енергії роблять будівлю енергонезалежним та комфортним для умов праці.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати при обслуговуванні системи енергопостачання будівлі

У зв'язку з різноманіттям несприятливих виробничих факторів, а також з метою забезпечення системності і чіткості профілактичної роботи з охорони праці, виникла необхідність в класифікації.

За природою дії всі небезпечні та шкідливі фактори підрозділяються на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні [18].

До групи фізичних небезпечних та шкідливих факторів відносяться [19]:

- підвищена або знижена температура поверхонь обладнання матеріалів [19];
- підвищена або знижена температура, вологість, рухливість повітря робочої зони [19];
- підвищений рівень шуму, вібрації, інфразвуку, ультразвукових коливань, іонізуючі випромінювання, статична електрика, ультрафіолетова або інфрачервона радіація [19];
- підвищений або знижений барометричний тиск у робочій зоні і його різке вимірювання [19];
- підвищена або знижена іонізація повітря;
- підвищена напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- підвищена напруженість електричного чи магнітного полів [19];
- відсутність або нестача природного світла [19];
- недостатня освітленість робочої зони [19];
- підвищена яскравість світла [19];
- гострі кромки, задирки, шорсткість на поверхні заготовок, інструменту, обладнання;
- розташування робочих місць на значній висоті відносно поверхні землі (підлоги).

Хімічні небезпечні та шкідливі фактори за характером впливу на організм людини поділяються на: токсичні, дратівливі, канцерогенні, мутагенні і такі, що впливають на репродуктивні функції. Хімічні речовини проникають в організм людини через органи дихання, шлунково-кишковий тракт, шкірні покриви і слизові оболонки.

За ступенем впливу на організм всі шкідливі речовини поділяються на чотири класи безпеки [19]:

I - надзвичайно небезпечні (ртуть, свинець і ін.).

II - високонебезпечні (кислоти, луги та ін.).

III - помірно небезпечні (камфора, чай та ін.).

IV - малонебезпечні (аміак, ацетон, бензин та ін.).

Біологічні небезпечні та шкідливі фактори включають такі біологічні об'єкти: патогенні мікроорганізми – бактерії, віруси, спірохети, гриби, найпростіші і продукти їх життєдіяльності.

Психологічні небезпечні та шкідливі фактори за характером впливу поділяються на фізичні (статичні та динамічні) і нервово-психічні перенавантаження (розумове перенапруження, перенапруження аналізаторів, монотонність праці, емоційні перенавантаження).

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори на підприємстві

Небезпечними та шкідливими факторами на підприємстві є: шум, вібрація, електричний струм, несприятливі кліматичні умови, шкідливі речовини та психофізіологічні фактори [19].

Боротьба з шумом

Основні напрямки боротьби з шумом на підприємстві наступні:

- зниження шуму в джерелі його виникнення, тобто розробка шумобезпечної техніки;

- зниження шуму на шляху його поширення, тобто застосування засобів колективного захисту від шуму – звукоізоляції, звукопоглинання, віброізоляції, демпфірування, глушників шуму;
- проведення організаційно-технічних заходів щодо захисту від шуму.

Зниження шуму в джерелі його виникнення здійснюється різними способами.

Найбільш ефективний засіб для зниження шуму на шляху його поширення – звукоізолюючі перепони (стіни, звукоізолюючі оболонки навколо машин, екрани, звукоізолюючі кабінки і пости управління, тобто звукоізолюючі оболонки навколо робочих місць) [20].

При вирішенні завдань охорони праці виникає необхідність визначення необхідної величини звукоізоляції з метою доведення умов праці до нормативного рівня [20].

Зниження шуму можна досягнути шляхом встановлення звукоізолюючою стінки (рис 3.1):

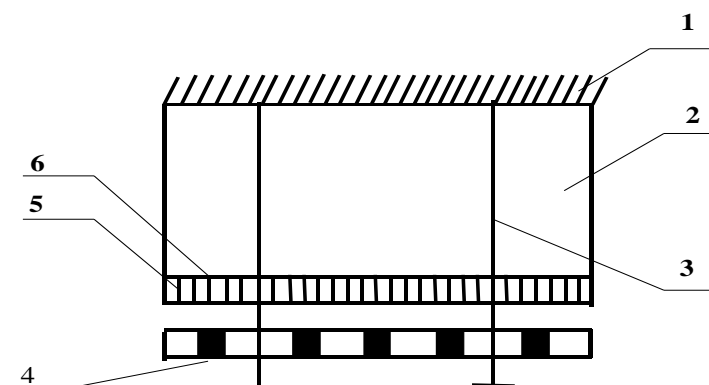


Рисунок 3.1 – Звукоізолююча стінка [21]

1 – стіна чи стеля; 2 – повітряний проміжок; 3 – кріплення облицювання;
 4 – перфороване покриття; 5 – звукоізоляційний матеріал; 6 – захисна плівка (оболонка).

У тих випадках, коли необхідний ступінь зниження шуму невеликий, можуть застосовуватись звукопоглинання - облицювання всіх (або частини) внутрішньої поверхні приміщення звукопоглинаючим матеріалом, або розвішування в

приміщенні штучних (або об'ємних) звукопоглиначів. В якості звукопоглинаючих матеріалів застосовуються пористі волокнисті мати або плити товщиною 50-100 мм, покриті захисним шаром.

Зі звукопоглинаючих матеріалів, які випускаються промисловістю, найбільш широке застосування знаходять плити «Сілакпор» ($\alpha = 0,23-0,71$), тепло-, звукоізоляційні мати марок АТМ -10 с, ТМ - 10, АТМ - 1, поліуретановий поропласт марки ППУ - ЕТ, акустичні гіпсові плити марки АГП ($\alpha = 0,16-0,34$), акустичні мінеральні плити марки ПА ($\alpha = 0,05-0,83$) [21].

Для захисту від пилу і гідроізоляції звукопоглинальних матеріалів застосовуються захисні плівки, а для додання механічної міцності гарного зовнішнього вигляду - перфоровані тонкі металеві або неметалеві листи.

Організаційно-технічні заходи щодо захисту від шуму включають застосування мал шумних процесів і обладнання, впровадження дистанційного керування гучних машин, раціональний режим праці і відпочинку, застосування засобів індивідуального захисту, періодичний контроль рівня шуму.

Індивідуальні засоби захисту застосовуються в тих випадках, коли з технічних чи економічних причин не можливо зменшити шум до доступного рівня. Застосовують протишумні навушники ПАС - 80, ВЦННІОТ - 2М, ВЦННІОТ - А1, ВЦННІОТ - 4А, протишумні шоломи, вкладиші [21].

Вплив вібрації на організм людини

Вібрація – це складний коливальний процес, що виникає при періодичному зміщенні центру ваги будь-якого тіла від положення рівноваги, а також при періодичному зміні форми тіла в порівнянні з тією, яку воно має при статичному стані.

Основними причинами вібрації є невірноважені сили хитких або обертових частин машини: незбалансованість, великі зазори в зчленуваннях, нерівномірний знос вузлів машини, механізмів, неправильна центровка осей агрегатів під час переходу обертання з допомогою сполучної муфти, ослаблення кріплення

устаткування на фундаменті або його стійкість, застосування масел , що не відповідають умовам роботи обладнання, незадовільний стан підшипників, а також інші причини, викликані місцевими умовами експлуатації обладнання [21].

Під дією вібрації знижується гострота зору, температурна чутливість, порушується рівновага таких основних нервових процесів, як збудження і гальмування. У зв'язку з цим у людини з'являється дратівливість, головні болі, погіршується увага, пам'ять, сон, збільшується ймовірність захворювання неврозама, гіпертонією, шлунковими хворобами тощо. Крім того, можливий негативний вплив вібрації на кістки та суглоби [21].

Дія електричного струму на організм людини

При експлуатації і ремонті електричного обладнання і мереж людина може опинитись в зоні дії електричного поля в безпосередньому дотику з провідниками електричного току, що знаходяться під напругою [22]. В результаті проходження струму через людину може статися порушення його життєвих функцій [22].

Електричний струм, проходячи через тіло людини, може спричинити біологічний, тепловий, хімічний та механічний вплив [22].

Біологічний вплив полягає в здатності електричного струму дратувати і порушувати тканини організму, тепловий - викликати опіки тіла, хімічний - викликати електроліз крові, а механічний - спричиняти розрив тканин [22].

Тяжкість ураження електричним струмом залежить від ряду факторів: значень сили струму, напруги дотику, електричного опору тіла людини і тривалості протікання через нього струму, індивідуальних властивостей людини і навколишнього середовища [22].

Вплив несприятливих кліматичних умов

Кліматичні умови (температура, вологість, швидкість руху повітря, дискомфортні кліматичні умови) порушують теплообмінні процеси між людиною і

зовнішнім середовищем, призводять до перенапруження функцій терморегуляції. При несприятливих значеннях параметрів метеоумов можливості терморегуляції організму людини можуть бути вичерпані і його теплове самопочуття погіршується[22].

Вплив шкідливих речовин на організм людини

При експлуатації обладнання і в ряді технологічних процесів відбуваються виділення різних шкідливих речовин. Шкідливими є речовини, які при контакті з організмом людини можуть викликати виробничі травми, професійні захворювання або відхилення від стану здоров'я, які виявляються сучасними методами як у процесі роботи, так і в окремі періоди життя теперішнього і наступних поколінь.

Всі шкідливі речовини поділяють на хімічні речовини і виробничий пил.

За способом утворення розрізняють аерозолі конденсації (випаровування і подальша конденсація нагрівання металів при зварюванні) і дезінтеграція, по проходженню аерозолі можуть бути органічного, неорганічного і змішаного походження. За дисперсності аерозолі діляться на видимі (розмір часток більше 10 мікрон), мікроскопічні (розмір часток 10 -0,25 мкм, ультрамікроскопічні (розмір частинок менше 0,25 мкм) [22].

Виробничий пил зустрічається найрізноманітніших видів: мінеральний, наждачний, вугільний тощо [22].

Психофізіологічні фактори впливу на організм людини

Психофізіологічні небезпечні та шкідливі фактори (фізичні і нервово-психохімічні перенавантаження) надають багатоаспектний негативний вплив на нервову, серцево-судинну і дихальну системи [22]. Ступінь вираженості цього впливу різна при розумовій і фізичній праці і залежить від величини відповідних перенавантажень [22].

Фізичні перенавантаження можуть бути динамічними і статичними. Динамічні навантаження виникають при переміщенні вантажів вгору, вниз, по похилій площині або по горизонталі, статичні - при утриманні вантажів у певному положенні без їх переміщення [22].

Статичні перенавантаження більш стомлюючі, ніж динамічні, оскільки при виявленні та облік небезпечних та шкідливих виробничих є одним з основних завдань вдосконалення організації виробничого процесу. Причому, розробка і реалізація заходів, спрямованих на зниження шкідливого і небезпечного впливу виробничого середовища на людину, часто має не тільки соціальне, а й економічне значення, виступає фактором росту продуктивності праці. Велике значення має також зниження захворюваності і смертності серед працівників як чинників скорочення невиробничих втрат робочого часу і витрат на оплату невідпрацьованого часу [22].

3.2 Розрахунок освітлення евакуаційних шляхів

Евакуаційне освітлення призначене для забезпечення евакуації людей з приміщень при аварійному вимкненні робочого освітлення. Його необхідно влаштовувати: в місцях, небезпечних для проходу людей; в приміщеннях допоміжних будівель, де можуть одночасно знаходитись понад 100 осіб; у проходах; на сходових клітках; у виробничих приміщеннях, в яких працює понад 50 осіб. Мінімальна освітленість на підлозі основних проходів та на сходах при евакуаційному освітленні повинна бути не менше 0,5 лк, а на відкритих майданчиках - не менше 0,2 лк [23].

Вихідні дані:

Вид джерела світла, ЛР

Система освітлення, загальна

Кількість світильників, 8 шт.

Кількість ламп у світильнику, 1 шт.

Потужність однієї лампи, 60 Вт

Для оцінки ефективності аварійного освітлення приміщення необхідно порівняти значення фактичного і нормованого освітлення ДБН В.2.5-28-2018 [24].

Нормоване значення ($E_n=0,5$ лк)

Значення розрахункової освітленості, лм, при використанні ламп розжарення може бути розраховане за допомогою методу коефіцієнта використання світлового потоку по формулі:

$$F_l = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot k \cdot z}{\eta_m \cdot N \cdot \eta} \quad (3.1)$$

Звідки знаходимо:

$$E_\phi = \frac{F_l \cdot \eta_m \cdot N \cdot \eta}{S \cdot k \cdot z} \quad (3.2),$$

де F_l - світловий потік лампи, лм.

Лампі потужністю 60 Вт відповідає $F_l=1450$ лм.;

η_m - коефіцієнт використання світлового потоку. Для світильників, які використовуються в громадських будинках для традиційних розмірів приміщення і колірної обробки, коефіцієнт використання може змінювати значення в межах $\eta_m = 0,4 - 0,6$;

N - кількість світильників, шт., $N=8$ шт.

Світильники необхідно розташувати рівномірно по площі приміщення, по сторонах квадрата, дотримуючись таких умов:

сторона квадрата $L=1,4 H_p$,

де H_p - висота підвісу світильника над робочою площею, що визначається як різниця між висотою приміщення і стандартною висотою робочої площі, що дорівнює 0,8 м, а також висотою свисання світильника від стелі $h_{св}=0,4$ м.

$H_p=3,2-0,8-0,4=2$ (м);

$L=1,4 \cdot 2=2,8$ (м).

Відстань від світильників до стіни вибирається зі значень $l=0,3 - 0,5L$;

$n=2$ шт. - кількість ламп у світильнику;

S - площа приміщення, m^2 .

$$S=10 \cdot 17= 170 m^2.$$

$k=1,5 - 2$ - коефіцієнт запасу;

$z=1,2$ - коефіцієнт нерівномірності освітлення.

Звідки

$$E_{\phi} = \frac{F_{\lambda} \cdot \eta_m \cdot N \cdot m}{S \cdot k \cdot z} = \frac{1450 \cdot 0,5 \cdot 8 \cdot 1}{170 \cdot 1,7 \cdot 1,2} = 16,7_{(лк)}$$

$E_{\phi} > E_n$, отже освітлення ефективне.

3.3 Дії працівників обслуговуючої організації під час ураження людини електричним струмом

Насамперед необхідно негайно звільнити потерпілого від дії електричного струму. При цьому бажано вимкнути електроенергію у приміщенні. Якщо з якоїсь причини це зробити неможливо, спробуйте звільнити потерпілого від дії електричного струму, використовуючи сухий одяг чи мотузки, шкіряні або гумові рукавички тощо.

Необхідно негайно викликати швидку медичну допомогу [24].

Після того, як дію електричного струму припинено, потерпілого необхідно покласти у горизонтальне положення. У разі загальних проявів ураження потерпілого необхідно заспокоїти, дати болезаспокійливі ліки (0,25 г амідопіріну, 0,25 г анальгіну), заспокійливі (настоянка валеріани, мікстура Бехтерева). На опікову рану накласти пов'язку, змочену розчином фурациліну (1:1000) [24].

Необхідно пам'ятати, що загальний стан потерпілого може різко погіршитися у найближчі години після травми: виникають порушення кровопостачання серцевого м'яза (стенокардія, інфаркт міокарду), з'являються ознаки повторного шоку тощо. Подібні явища іноді спостерігають у потерпілого з найлегшими загальними проявами (головний біль, загальна слабкість) [24].

При тяжких загальних проявах ураження електричним струмом, що супроводжуються розладами чи зупинкою дихання, розвитком летаргії, слід почати негайно робити штучне дихання і зовнішній (непрямий) масаж серця, доки потерпілий не опритомніє.

Якщо серце працює, штучне дихання швидко поліпшить стан потерпілого, шкірні покриви набудуть природного забарвлення, з'явиться пульс, артеріальний тиск. Найефективніше штучне дихання рот у рот (16-20 видихів на хвилину). Найзручніше його проводити за допомогою трубки чи повітропроводу [24].

У разі зупинки серця необхідно негайно провести штучне дихання і зовнішній масаж серця з частотою 50-70 натиснень на грудну клітину за хвилину. Про ефективність масажу свідчить поява пульсу у сонних артеріях. При поєднанні штучного дихання і масажу після кожного вдихання повітря у легені необхідно робити 5 або 6 натиснень на ділянку серця під час видиху. Масаж серця і штучне дихання рекомендовано продовжувати до повного відновлення функцій організму чи появи виражених ознак смерті.

При опіку I ступеня потерпілого необхідно заспокоїти, дати йому випити теплого чаю, настоянки валеріани й анальгін, на опікову рану накласти пов'язку, змочену розчином фурациліну (1:1000).

При опіку II ступеня вибір заходів першої долікарської допомоги залежить від стану гемодинаміки (сукупності процесів руху крові у серцево-судинній системі). Якщо у потерпілого немає артеріальної гіпотензії й аритмії, проводять такі самі заходи, як і при опіках I ступеня, однак усі лікарські засоби вводять внутрішньо м'язово.

При опіках III і IV ступенів проводять первинну реанімацію у стандартній послідовності: звільнення верхніх дихальних шляхів і підтримка їх вільної прохідності, штучна вентиляція легень, закритий масаж серця. У такому разі потерпілого обов'язково госпіталізують у хірургічне відділення лікарні.

ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської роботи був проведений аналіз ефективності енергопостачання будівлі супермаркету «Наш», яка знаходиться за адресою м.Суми, вул. СКД,48.

Економія енергоресурсів досягається за рахунок вдосконалення системи енергопостачання, впровадження нової техніки, зменшення витрат енергії, робота обладнання в економних режимах.

У розділі «ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ОСНОВНІ ПОКАЗНИКИ ТА РЕЖИМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ОБ'ЄКТУ» після проведення візуального обстеження описано дійсний стан будівлі, розглянуто обсяги споживання теплової енергії, води та електроенергії та виконано техніко-економічний аналіз енергоносіїв. Розглянуто опис роботи теплового насосу.

У розділі «ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ВИЗНАЧЕНОЇ МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ; ПРЕДСТАВЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ РОЗРАХУНКУ ЗА КОЖНИМ ЕТАПОМ РОЗРАХУНКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ» виконано розрахунок енергетичного балансу будівлі. Проведені розрахунки теплової потужності будівлі, та визначено опір теплопередачі огорожувальних конструкцій. Визначено основні види тепловтрат та теплонадходжень в будівлі. Теплова потужність будівлі склала $\Delta Q = 21683,9 \text{ Вт}$.

З метою відмови від використання системи централізованого теплопостачання запропоновано встановлення теплового насосу для потреб опалення:

- капітальні витрати на впровадження даного заходу складають: $K = 529724$ грн;

- економія в грошовому еквіваленті: $E_{\text{г}} = 131119$ грн;

- термін окупності $T_{\text{ок}} = 4$ роки.

З метою зменшення споживання електричної енергії було запропоновано встановлення сонячних панелей. Для задоволення потреб у електроенергії необхідно встановити 370 фотоелектричну панель.

В розділі ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ розглядалися питання:

1) аналіз небезпечних і шкідливих факторів, що можуть виникати при обслуговуванні системи енергопостачання будівлі;

2) розрахунок освітлення евакуаційних шляхів;

3) дії працівників обслуговуючої організації під час ураження людини електричним струмом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Енергетична ефективність України. Кращі проектні ідеї [електронне видання] : Проект «Професіоналізація та стабілізація енергетичного менеджменту в Україні» / Уклад.: С.П. Денисюк, О.В. Коцар, Ю.В. Чернецька. – К. : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 79 с
2. Енергетичний менеджмент/ Ю.В. Дзяди́кевич, М.В. Буряк, Р.І. Розум – Тернопіль: Економічна думка, 210. – 295 с.
3. Лічильник теплової енергії [електронний ресурс] Режим посилання: <http://www.lgmetering.kiev.ua/oborudovanie/item/ultraheat-uh50.html>
4. Лічильник електричної енергії [електронний ресурс] Режим посилання: https://www.novator-tm.com/index_uk.php?id=meters-lt-3t
5. Лічильник холодної води [електронний ресурс] Режим посилання: <https://sanmix.net.ua/schetchik-holodnoj-vody-novator-lk-15h-12-sgony>
6. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
7. Дипломний проект [електронний ресурс] Режим посилання: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/28232/1/Novitskiy_bakalavr.pdf
8. Комбінована теплонасосна система тепlopостачання на основі ґрунтових теплообмінників [електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.knuba.edu.ua/ukr/wp-content/uploads/2016/10>
9. 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.
10. Ексель [електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.office.com/launch/Excel?ui=ru-RU&rs=RU&auth=1>

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

12. Боженко М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: Навч. посіб. / М.Ф.Боженко, В.П.Сало. – Київ: ІВЦ Вид-во «Політехніка», 2004. – 192 с.

13. Тепловий насос [електронний ресурс] Режим посилання: konomteplo.com.ua/teplovi-nasosy/teplovi-nasosy-nibe/gruntovi-teplovi-nasosy-pompy-nibe/nibe-f1345-gruntovyj-teplovuj-nasos/nibe-f1345-60-kvt/

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

15. Сонячні панелі [електронний ресурс] Режим посилання: <https://solar-tech.com.ua/solar-electricity/solar-panels/solnechnaya-batareya-perlight-solar-plm-260p.html>

16. Акумуляторна батарея [електронний ресурс] Режим посилання: <https://logic-house.prom.ua/p1196808236-litii-fosfatnyj-akkumulyator.html>

17. Схема встановлення сонячних панелей [електронний ресурс] Режим посилання: <https://alteco.in.ua/ua/rishennia-alternatyvnoi-enerhetyky/soniachni-elektrostantsii-dlia-domu/soniachni-batarei-dlia-dachi-0-5-kvt-2>

18. Небезпеки за умов повсякденного виробництва і побуту [електронний ресурс] Режим доступу: <http://moodle.socosvita.kiev.ua/moodledata/>

19. Конспект лекцій з дисципліни «Охорона праці в галузі» для студентів спеціальності 7.05050201 «Технологія машинобудування» заочної форми навчання / Укладач: Толок А.О. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2015р. - 65 с.

20. Класифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів [електронний ресурс] Режим доступу: <http://ua-referat.com/>

21. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», Київ, 1999 р. – 34с.

22. Шумомір [електронний ресурс] Режим доступу: <http://standart-m.com.ua/izmeritelnye-pribory/shumomery/shumomer-vshv-003>

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.

24. Дії при ураженні людини електричним струмом [електронний ресурс]
Режим посилання: <https://www.sop.com.ua/article/592-dopomoga-pri-urajenn-strumom>