

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

Волобуєв Олександр Миколайович

ТЕМА: «ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ЗЗСО “АНДРІЇВСЬКА
ГІМНАЗІЯ” З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ»

Кваліфікаційна робота магістра
зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»
(Енергетичний менеджмент)

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

Керівник роботи: _____
(підпис)

Хованський С.О..

(прізвище, ім'я, по батькові)

К.Т.Н, доц

Суми 2022

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ПГМ
Сотник М.І.

« _____ »
20 _____ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Здобувача Волобуєв Олександра Миколайовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи: Підвищення енергоефективності будівлі ЗЗСО “Андріївська гімназія” з використанням відновлювальних джерел енергії

затверджена наказом по університету № _____ від « _____ » _____ 2022 р

2 Термін здачі студентом закінченої роботи – до 21.12.2022 р

3 Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: Результати аналітичного вивчення інформації щодо актуальності проведення розрахункових робіт за темою магістерської роботи

4 Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, що їх належить розробити):

Вступ (короткий опис загальних проблем з енергоспоживання та енергоефективності, до яких відноситься тематика кваліфікаційної роботи. Представлення результатів з аналізу літературних та інформаційних джерел з сучасного стану питання за темою роботи. Надання аргументованих висновків щодо доцільності та актуальності виконання випускної роботи за обраною темою).

Розділ 1 – Характеристика об'єкта енергетичного обстеження (Характеристика об'єкту та предмету дослідження випускної роботи. Аналіз зібраних статистичних або дослідних даних з подальшим визначенням вихідних даних до розрахунку. Визначення та характеристика способу або методики проведення подальших розрахунків за отриманими вихідними даними. Висновки).

Розділ 2 – Техніко-економічний аналіз умов запровадження енергозбережних заходів (Основні положення визначеної методики розрахунку; представлення результатів розрахунку за кожним етапом проведеної роботи. Аналіз отриманих результатів. Розробка заходів або напрямів з удосконалення енергетичної ефективності подальшого функціонування об'єкту дослідження. Висновки).

Розділ 3 – Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. (Характеристика можливих небезпечних факторів, які треба враховувати при проведенні практичного дослідження за тематикою роботи, та їх розрахунковий аналіз. Висновки)

Загальні висновки

5 Консультанти кваліфікаційної роботи, із зазначенням розділів проекту

Розділ	- Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях			

6 Дата видачі завдання 07.11.2022 р

Керівник

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

- КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Проходження переддипломної практики	з 07.11 до 04.12.2022	
2	Захист переддипломної практики	до 08.12.2022	
3	Виконання 1-го розділу	до 21.11.2022	
4	Виконання 2-го розділу	до 05.12.2022	
5	Виконання 3-го розділу	до 18.12.2022	
6	Представлення виконаної роботи	до 21.12.2022	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 26.12.2022	
8	Проведення захисту роботи	з 27.12 до 28.12.2022	
9			
10			

- Студент-магістр

(підпис)

- Керівник випускної роботи

(підпи

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 54 с., 12 рисунків, 8 таблиць, 1 додаток, 24 літературних джерел.

Мета роботи: Підвищенню енергоефективності будівлі з використанням відновлювальних джерел енергії.

- За поставленою метою були виконані такі завдання:
- Аналіз споживання енергоносіїв і води та аналіз показників їх енергоефективності;
- Розрахунок технологій з використанням відновлювальних джерел енергії.

Об'єкт дослідження – будівля Андріївської гімназії.

Предмет дослідження – системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі Андріївської гімназії.

Методи дослідження: економіко-математичні методи під час розробки енергозберігаючих заходів.

Ключові слова: ГАЗОГЕНЕРАТИВНА УСТАНОВКА, ГЕОТЕРМАЛЬНИЙ НАСОС, РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ, НОРМАТИВНЕ СПОЖИВАННЯ, ОБСЯГИ СПОЖИВАННЯ, ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, ТЕПЛОВТРАТИ, ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ.

Тема роботи – **Підвищення енергоефективності будівлі ззсо “Андріївська гімназія” з використанням відновлювальних джерел енергії.**

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА	
РЕФЕРАТ	
ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	7
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	7
1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження.....	8
1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта	9
1.3.1 Система опалення	9
1.3.2 Система електропостачання.....	10
1.3.3 Система водопостачання.....	11
1.3.4 Система вентиляції.....	12
1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв	12
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду	12
1.4 Висновки за розділом.....	12
1.5 Аналіз споживання енергоносіїв та води	13
1.5.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії.....	13
1.5.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії	16
1.6 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.....	17
1.6.1 Визначення питомих величин рівня енергоефективності	17
1.6.2 Аналіз енергетичного балансу.....	19
1.7 Висновки за розділом.....	20
2. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ	21
2.1 Методика проведення розрахунку	21
2.2 Проведення розрахунку	25
2.2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій	25
2.2.2 Розрахунок тепловтрат	28
2.2.3 Розрахунок теплонадходжень.....	32
2.2.4 Визначення теплової потужності всієї будівлі.....	34
2.3 Висновки за розділом.....	34
3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ	35
3.1 Опис можливих енергозбережних заходів	35
3.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів	35
3.2.1 Тепловий насос.....	35
3.2.2 Газогенераторна установка.....	39
3.3 Висновки за розділом.....	42
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	44
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження.....	44
4.1.1 Електробезпека.....	44
4.1.2 Механічна безпека.....	45
4.1.3 Мікроклімат	45
4.1.4 Повітря робочої зони.....	45
4.1.5 Виробниче освітленн.....	46

...4.1.6 Пожежна небезпека	46
4.2 Висновки за розділом.....	47
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	49
ДОДАТОК А	

ВСТУП

Відновлювана енергетика — енергетична галузь, що спеціалізується на отриманні та використанні енергії з відновлюваних джерел енергії.

До відновлюваних джерел енергії належать періодичні або сталі потоки енергії, що розповсюджуються в природі і обмежені лише стабільністю Землі як космопланетарного елемента: променева енергія Сонця, вітер, гідроенергія, природна теплова енергія тощо. Загалом відновлювальна енергетика відноситься до альтернативних джерел. [3].

Альтернативні джерела енергії – невикопні джерела енергії, які постійно існують або періодично з'являються в навколишньому природному середовищі такі як енергія сонця, вітру, геотермальна, аеротермальна, гідротермальна, енергія хвиль та припливів, гідроенергія, енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів. [1].

Сьогодні більше ніж гостро стоїть проблема пошуку нових джерел енергії, при цьому особливе місце займають нетрадиційні. Зниження енергетичної залежності України від традиційних паливних ресурсів, можливе лише за допомогою розвитку і використання власної альтернативної енергетики, яка у якості палива використовує місцеві ресурси (біоенергетика), або взагалі не потребує паливної складової (сонячна, вітрова та мала гідроенергетика). Європейський союз є одним із лідерів запровадження альтернативної енергетики та відновлюваних джерел енергії та є ініціатором створення багатьох організацій, які фінансують проекти, пов'язані з використанням альтернативної енергетики. Європейське законодавство в сфері енергетики декларує 20% рівень ВДЕ в загальному енергобалансі Євросоюзу вже до 2020 року. Підписавши Паризьку угоду Україна взяла на себе певні зобов'язання, а саме: згідно Енергетичної стратегії України на період до 2035 року “Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність” взято за ціль досягти 25% ВДЕ в валовому кінцевому енергоспоживанні. Досягти даної цілі можливо тільки у разі міжнародного

співробітництва з ЄС у галузі альтернативної енергетики. Проте, на сьогоднішній день дослідження перспектив співробітництва України та ЄС у даній галузі розвиваються недостатньо активно, і існує певний вакуум у вирішенні стратегічних завдань в цьому контексті, що і визначає актуальність теми. [2].

Темою магістерської роботи - Підвищення енергоефективності будівлі ЗЗСО “Андріївська гімназія” з використанням відновлювальних джерел енергії.

Об’єктом магістерської дипломної роботи є ЗЗСО “Андріївська гімназія”.

Метою роботи є: підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів, аналіз енергоефективності роботи систем тепло постачання, водопостачання електропостачання, розроблення заходів з альтернативної енергетики.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом дослідження є Андріївський ліцей с.Андріївка, Роменського району, Сумської області.

Андріївський ліцей підпорядковується Управлінню освіти і науки

Роменської районної ради та повністю утримується за рахунок коштів місцевого Андріяшівської громади. Будівля розташована за адресою: вул. Новоселиця, 30, с. Андріївка, Роменський район, Сумська область, 42078 (рис. 1.1)



Рисунок 1.1 –Андріївська гімназі

Технічну експлуатацію інженерних комунікацій будівлі здійснює персонал школи.

Технічні характеристики будівлі такі:

Рік побудови	1993р.;
Кількість поверхів	2 пов.;
Опалювальна площа	4094,96 м ² ;
Площа забудови	1170 м ² ;

Забезпечення будинку тепловою енергією здійснює власна котельня.

Джерелом постачання електроенергії Адріївської Гімназії є трансформаторна підстанція, яка знаходиться на балансі ТОВ «Енера Суми».

Подача холодної води до школи здійснюється від місцевої свердловини.

Гаряче водопостачання від магістралі в Гімназії не передбачене. У приміщенні школи встановлено теплообмінний апарат (бойлер), де в результаті теплообміну між електронагрівачем (ТЕН) та холодною водою отримують гарячу воду. [6]

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Заклад розміщений у двоповерховому приміщенні. Зовнішні стіни закладу цегляні, матеріал селікатна цегла на цементно-піщаному розчині. На внутрішню сторону стіни нанесена штукатурка. Теплова ізоляція відсутня. Зовнішні дефекти стіни – не виявлено. Підвал викладено з битонних блоків, перекриття- плити залізобетон. Дах шатрового типу, покриття – шифер. Коефіцієнт теплопровідності основного конструктивного матеріалу стіни – 0,87 Вт/м-град[4]

Будівля має вікна загальною площею 246 м². Старі дерев'яні вікна (106) м², замінені на пластикові (140 м²) з двокамерним склопакетом.

Переважає більшість світлопрозорих прорізів знаходиться в задовільному стані. Старі дерев'яні вікна мають нещільності (до 3мм) в місцях примикання скла до рами.

Коефіцієнти термічного опору для кожного типу світлопрозорих огорожувальних конструкцій наведено в табл. 1.1.

Підлога будівлі представляє собою залізобетонну плиту вкриту дерев'яними дошками або леноліум, в залежності від призначення приміщення.

Таблиця 1.1 – Параметри зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Тепло-провідність λ_i , $\frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma np}$, $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Стіни	Цегла силікатна	0,50	0,87	0,78
		Штукатурка	0,03	0,93	
2	Суміщене покриття	Залізобетонна плита	0,22	2,04	0,65
		Руберойд	0,025	0,07	
3	Вікна	Пластикові	–	–	0,51
		Дерев'яні	–	–	0,40
4	Підлога (перший поверх)	Залізобетонна плита	0,22	2,04	0,3
		Розчин цементно-піщаний	0,05	0,76	
		Дерев'яні дошки	0,05	0,41	
5	Вхідні двері	Дерев'яні	0,05	0,41	0,24

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

1.3.1 Система опалення

Теплопостачання Андріївській гімназії здійснюється шкільною котельнею, від оператора ГРМ ПАТ «СумиГаз». Ввід теплової мережі передбачений до теплового пункту до школи. Трубопроводи тепломережі і деталі вузла обліку теплової енергії сталеві, проходять під землею.

Система опалення школи двотрубна з нижньою розводкою; за напрямом з'єднання опалювальних приладів вертикальна, з штучною циркуляцією теплоносія. Магістральні трубопроводи до будівлі, прокладені під землею та під'єднуються в тепловому пункті до головних подавальних трубопроводів.

Система опалення регульована, жорсткого контролю за споживанням теплової енергії немає, автоматика є. У якості опалювальних приладів використо-

вуються два модулі Chaffoteaux & Maury MH100, чавунні радіатори типу MC90A O. Опалювальні прилади розташовані під вікнами у кожному приміщенні. Доступ до опалювальних приладів необмежений. [6]

Відпуск теплоти до будівлі здійснюється за температурним графіком 95/70 °С. Розрахунковий перепад температур у системі опалення будівлі 95/70 °С. Температура на подавальному трубопроводі – (70 °С), температура у зворотному трубопроводі – (40 °С). [5].

1.3.2 Система електропостачання

До основних технічних енергоспоживаючих систем закладу належать:

- Столова
- Комп'ютерний клас
- Електроосвітлення
- Майстерня

Основне енергозатратне устаткування представлено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2- Основне енергозатратне устаткування.

Устаткування	Встановлена потужність, кВт	Кількість в будівлі, шт.	Коефіцієнт завантаження	Коефіцієнт використання	Час роботи, год/рік
Токарний станок по дереву СТД120М	0,4	2	0,5	0,4	334
Свердлильний 2М112	0,55	1	0,5	0,3	334
Плита кухонна ПЭ-4ШЧ	15,44	2	0,6	0,5	668

Продовження таблиці 1.2

Комп'ютер	0,6	12	0,2	0,7	1002
Чайник	1,5	2	0,7	0,3	334
Холодильник	2	2	0,6	0,6	4008
Кухонна вентиляція	1,5	2	0,4	0,4	400
Бойлер	3	1	0,5	0,5	668
Мясорубка	3	1	0,7	0,4	200
Освітлення:				0,3	
Лампа розжарення	0,1	30	0,7	0,3	180
Люмінесцентні лампи	0,036	100	0,6		180

Режим роботи закладу з 9.00-16, п'ятиденний робочий тиждень.

Підраховуємо річну витрату електроенергії, та порівнюємо з даними на лічильнику за 2020 рік.

$$T_{\text{вик}} = (0,4 \cdot 2 \cdot 0,5 \cdot 0,4 \cdot 334) + (0,55 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,3 \cdot 334) + (15,44 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 668) + (0,6 \cdot 12 \cdot 0,2 \cdot 0,7 \cdot 1002) + (1,5 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 0,3 \cdot 334) + (2 \cdot 2 \cdot 0,6 \cdot 0,6 \cdot 4008) + (1,5 \cdot 2 \cdot 0,4 \cdot 0,4 \cdot 400) + (3 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 668) + (3 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,4 \cdot 200) + (0,036 \cdot 100 \cdot 0,6 \cdot 0,3 \cdot 180) + (0,1 \cdot 30 \cdot 0,7 \cdot 0,3 \cdot 180) = 14352,4$$

Розбіжність з показами лічильника 4,4% - що є допустимим значенням. [6].

1.3.3 Система водопостачання

Постачання води до закладу здійснюється від місцевої свердловини.

Облік холодної води не ведеться.

Водопровідна мережа запроектована з чавунних водопровідних труб

$d = 100$ мм. Глибина залягання водопровідної мережі 1,8 м.

Каналізація: підключення будівлі школи відбувається до існуючої дворової мережі

Гаряче водопостачання від магістралі у Гімназії не передбачене. У кухні встановлено теплообмінний апарат (бойлер). Облік гарячої води не ведеться. [6]

1.3.4 Система вентиляції

Вентиляція у будівлі влаштована природним чином, за рахунок вентиляційних каналів у стінах. На кухні вентиляція штучна, час роботи 1,5 год. на добу. Стан вентиляції задовільний

1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв

Облік спожитого газу здійснюється лічильником газового мембранного типу, ОКТАВА-А1 в кількості двох одиниць, встановленого в котелні. Повірка відбувається кожен рік. Об'єм споживаної холодної води не вимірюється. Облік спожитої електроенергії здійснюється лічильником ЦЕ6804U та НІК2301АЛ1. Періодичність повірки один раз на 8 років. Джерелом постачання електроенергії є трансформаторна підстанція, яка знаходиться на балансі ТОВ «Енера - Суми». Знаття показань з лічильників виконується щомісячно, оскільки у закладі не має систему моніторингу даних щодо обсягів споживання енергоресурсів [6]

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Електрична енергія: 1,68 грн/кВт·год[10]

Природний газ: 8,82 грн. за 1 м³[11]

1.4 Висновок за розділом

Отже за даними які були зібрані під час обстеження закладу, ми можемо здійснювати подальші розрахунки для складання теплового балансу та впровадження заходів з енергозбереження.

1.5 Аналіз споживання енергоносіїв та води

1.5.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії

Помісячні витрати газу за місяцями 2019-21рр. наведено у таблиці .1.3

Таблиця .1.3 – Кількість газу спожитого будівлею за 2019 – 2021 роки

Місяць	Рік		
	2018	2019	2020
	м ³	м ³	м ³
Січень	5340	5523	4463
Лютий	4825	4045	4964
Березень	2800	2945	1099
Квітень	1200	1100	-
Травень	-	-	-
Червень	-	-	-
Липень	-	-	-
Серпень	-	-	-
Вересень	-	-	-
Жовтень	652	720	505
Листопад	3357	2807	2683
Грудень	4674	4504	4861
Всього	22848	21644	18557

На рис. 1.2 показано графіки витрат газу на потреби опалення за місяцями року.

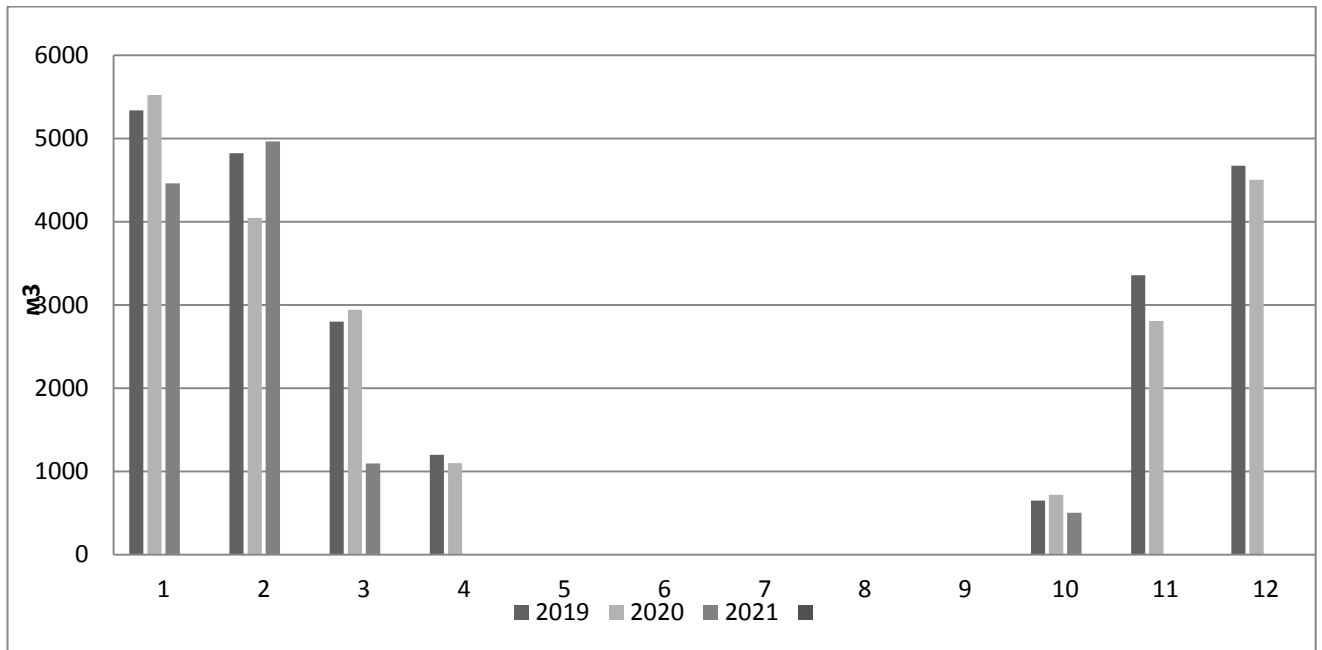


Рисунок 1.2 - Графіки спожитого газу на потреби опалення 2019-21р.

Графіки побудовано за результатами аналізу орієнтовних витрат газу на потреби опалення та помісячної витрат які були визначені за лічильникам. Кількість градусо-діб визначалась як добуток кількості днів за кожний місяць опалювального періоду на перепад температур внутрішнього повітря та середньомісячної дійсної зовнішнього повітря:

$$ГД = Д (t_{в} - t_{сеп}),$$

де $Д$ - кількість днів у місяці; $t_{в}$ - дійсна середньомісячна температура внутрішнього повітря у будівлі, °С; $t_{сеп}$ - дійсна середньомісячна температура зовнішнього повітря, °С, визначається за даними метеостанцій для місця розташування будівлі[6].

Результати розрахунку градусо-днів приведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 –Кількість градусо-днів за 2021 рік

Місяць	Кількість днів у місяці	Дійсна середньомісячна температура зовнішнього повітря	Кількість градусо-днів у місяці
Січень	31	2	558
Лютий	28	3	493
Березень	31	10	310
Квітень	15	12	120

Продовження таблиці 1.4

Травень	31	16	-
Червень	30	19	-
Серпень	31	20	-
Вересень	30	14	-
Жовтень	16	7	208
Листопад	19	7,5	238
Грудень	31	3	527

Витрати теплоти на потреби опалення залежать від температури зовнішнього повітря і кількості градусо-днів. Збільшення кількості градусо-днів спричиняє відповідне зростання витрат теплової енергії на опалення.

Як свідчить аналіз рис. 1.3 , регулювання відпуску теплоти на потреби опалення не відповідає зміні градусо-днів, що свідчить наявність значного потенціалу енергозбереження за рахунок впровадження заходів з регулювання відпуску теплоти у тепловому пункті споживача[6]

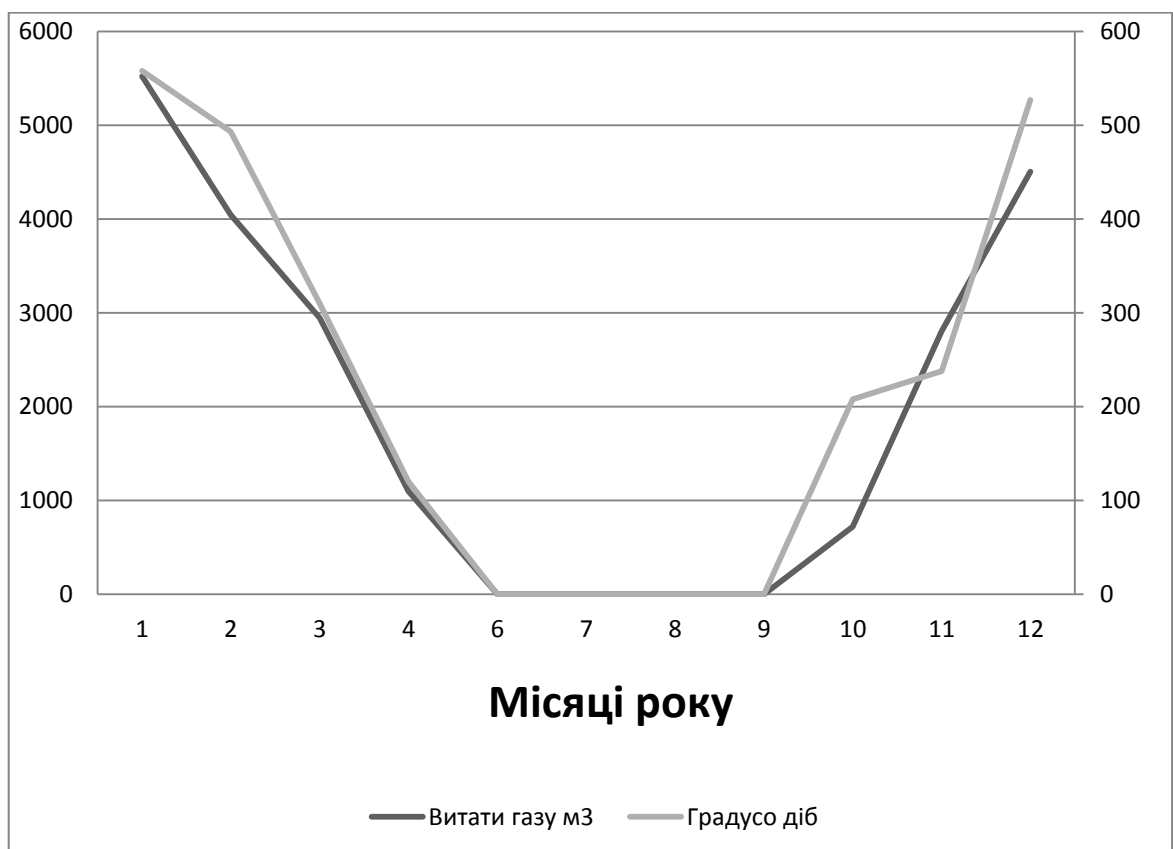


Рисунок 1.3 - Графіки витрат газу за 2021 на потреби опалення і градусо-діб за за місяцями року

1.5.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії

Величина споживання електроенергії за 2019 – 2021 роки наведена у табл.1.5 та на рис. 1.4.

Таблиця 1.5 – Кількість електричної енергії, спожитої за 2019 – 2021 р

Місяць	Рік		
	2019	2020	2021
	кВт	кВт	кВт
Січень	1650	870	2120
Лютий	1960	1544	1887
Березень	1874	1784	1173
Квітень	1520	1718	280
Травень	738	1430	155
Червень	840	1456	202
Липень	272	146	117
Серпень	43	117	81
Вересень	439	1112	613
Жовтень	1106	1593	917
Листопад	1408	2271	844
Грудень	1423	1394	1740
Всього	13273	15435	10129

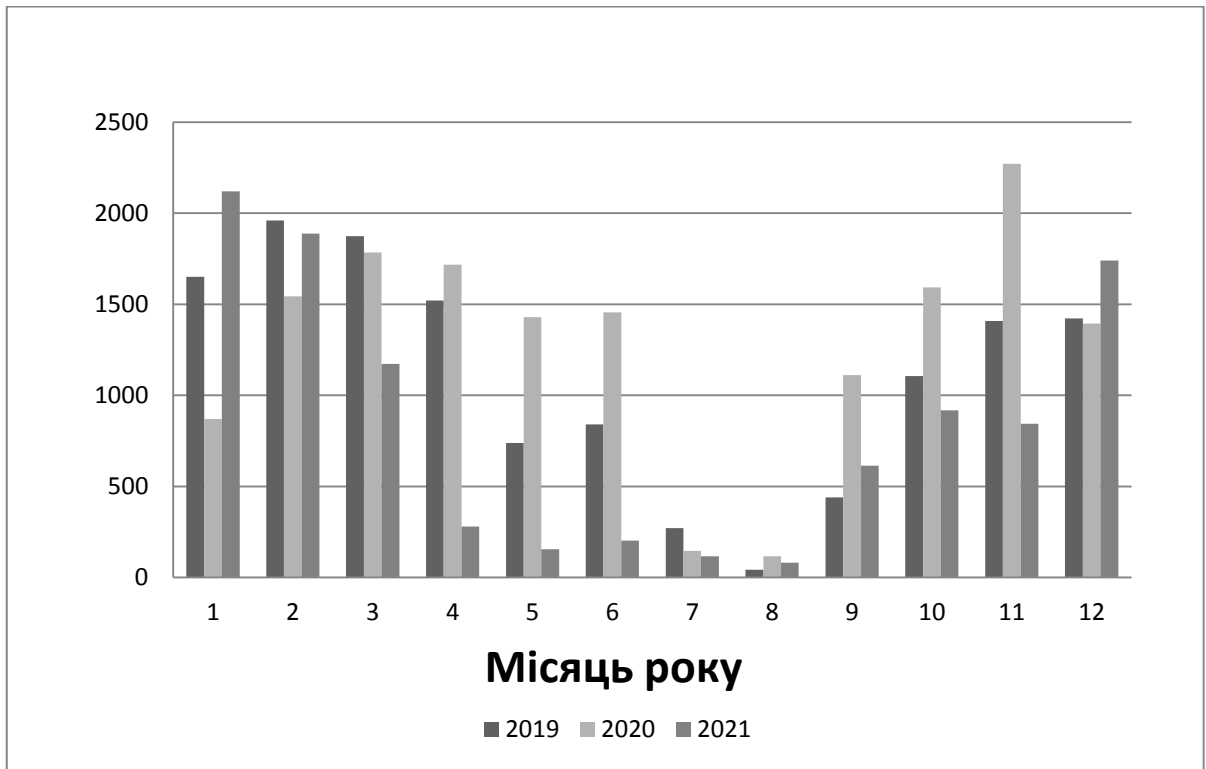


Рисунок 1.4 - Графік споживання електричної енергії за 2019-2021 рр. за місяцями року

1.6 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності

1.6.1 Визначення питомих величин івня енергоефективності

З метою надання об'єктивного висновку про ефективність споживання теплової енергії на опалення будівлі закладу, який обстежується, необхідно провести порівняння дійсних обсягів споживання теплової енергії зі встановленими державними нормами. Аналіз ефективності системи тепlopостачання закладу необхідно проводити за фактичними величинами попередніх опалювальних періодів, у яких середньомісячні температури розташовані у діапазоні нормованих показників [7].

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 [9]:

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

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

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

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [9]:

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

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].

Згідно наданих закладом облікових даних, фактичні питомі тепловитрати на опалення приміщень закладу за опалювальні періоди становлять:

- опалювальний період 2018–2019 рік – $Q_{оп} = 211$ Гкал;
- опалювальний період 2019–2020 рік – $Q_{оп} = 200$ Гкал;
- опалювальний період 2020–2021 рік – $Q_{оп} = 171,4$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- опалювальний період 2018–2019 рік – $EP = 0,052$ Гкал/м³;
- опалювальний період 2019–2020 рік – $EP = 0,049$ Гкал/м³;
- опалювальний період 2020–2021 рік – $EP = 0,042$ Гкал/м³.

Нормативна максимально можлива величина тепловитрат закладу згідно з наказом і нормами $E_{max} = 0,044$ Гкал/м³ [12]. Порівняння нормованої величини

тепловтрат і дійсних тепловтрат показує, що будівля не відповідає вимогам чинної нормативної документації ($q_{\text{буд}} \leq E_{\text{max}}$, а в нашому випадку $q_{\text{буд}} \geq E_{\text{max}}$), тепло використовується не доцільно за рахунок втрат. Це вимагає відповідний енергозберігаючих заходів

1.6.2 Аналіз енергетичного балансу

Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії можна зроби за рахунок порівняння фактичних норм споживання електричної енергії з нормованим значенням. Згідно з [12] норма споживання електричної енергії загальноосвітніх шкіл з електрифікованими харчоблоками на дитину за кількості 104 дітей складає для Сумської області 304 кВт·год. Для будівлі ЗОШ фактичне споживання електричної енергії на одну дитину складає:

$$\text{- 2019 рік: } \frac{13273 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{104 \text{ дітей}} = 127,6 \text{ кВт} \cdot \text{год/дитину};$$

$$\text{- 2020 рік: } \frac{15435 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{104 \text{ дітей}} = 148,4 \text{ кВт} \cdot \text{год/дитину};$$

$$\text{- 2021 рік: } \frac{10129 \text{ кВт}\cdot\text{год}}{104 \text{ дітей}} = 97,4 \text{ кВт} \cdot \text{год/дитину}.$$

Тобто фактичне значення не перевищує нормоване, що є добрим показником, але є потенціал до зменшення споживання електричної енергії шляхом використання більш енергоефективних електричних приладів та заміни ламп розжарювання на більш економічні.

Для видимості, надано діаграму вартості споживання електричної, тепло-вої енергії 2021 рік. Дана діаграма представлена на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Вартість спожитих енергоресурсів за 2021 рік

Проаналізувавши діаграму ми бачимо, що найбільше коштів витрачається на теплову енергію.

1.7 Висновки за розділом

В цьому розділі ми проаналізували витрату та показали графічно витрату енергоресурсів. Згідно проілюстрованих графіків ми можемо зробити висновок, що найбільше коштів витрачається на опалення закладу, тому в першу чергу цьому потрібно приділити увагу.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ОБСТЕЖУВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

2.1 Методика проведення розрахунку

Проведення розрахунку для будівлі, яка знаходиться у Роменському р-н. (I температурна зона), з нормальним вологісним режимом.

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій

$R_{\Sigma PP}$ м·К/Вт повинний бути не менше за вимагаємих значень $R_{q_{min}}$, які визначаються виходячи із санітарно-гігієнічних та комфортних умов і умов енергозбереження.

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх міжквартирних конструкцій, що розділяють приміщення, температури повітря в яких відрізняються на 3° та більше, обов'язковевиконання умови:

$$R_{\Sigma PP} \geq R_{q_{min}}, \quad (2.1)$$

де: $R_{\Sigma PP}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, м²·К/Вт;

$R_{q_{min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, м²·К/Вт.

Мінімально допустиме значення, $R_{q_{min}}$, опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій, дверей та воріт громадських будинків встановлюється залежно від температурної зони експлуатації будинку, тепловологісного режиму внутрішнього середовища [22].

Термічний опір і-го шару конструкції, що розраховується за формулою [22]:

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

де: δ_i – товщина і-го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К) [22].

$R_{\Sigma пр}$ огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.1) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma пр} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} = \frac{1}{\alpha_3}, \quad (2.3)$$

де: α_B , α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К) [22];

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К) [22];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір і-го шару конструкції, згідно формули (2.2), м·К/Вт.

Якщо $R_{\Sigma пр} < R_{q_{min}}$: – теплозахисні властивості зовнішніх огорожень незадовільні, що вимагає впровадження енергозберігаючих заходів щодо збільшення їхнього опору теплопередачі.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції будівлі при їх дійсному стані:

$$Q_0 = \frac{F_{огр}}{R_{\Sigma пр}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n, \text{ Вт}, \quad (2.4)$$

де: $F_{огр}$ – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції.

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

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

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції відносно зовнішнього повітря [22].

Тепловтрати через огорожувальні конструкції при нормованих $R_{q_{\text{min}}}$:

$$Q_0 = \frac{F_{\text{орг}}}{R_{q_{\text{min}}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n, \text{ Вт}, \quad (2.5)$$

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, обумовлені орієнтацією будинку:

$$Q_{\text{ор}}^{\text{д}} = Q_{\text{ст}} \cdot \beta_{\text{ор}}, \text{ Вт}, \quad (2.6)$$

де: $Q_{\text{ст}}$ – тепловтрати зовнішні стіни приміщень, Вт;

$\beta_{\text{ор}}$ – коефіцієнт добавки на орієнтацію зовнішньої стіни стосовно сторін світу. Допускається для практичних розрахунків для всіх зовнішніх стін будинку, незалежно від орієнтації приймати $\beta_{\text{ор}}=0,13$ – при двох і більше зовнішніх стін у приміщенні.

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

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{д}} = 0,05 \cdot Q_{\text{пдл}}, \text{ Вт}, \quad (2.7)$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію холодного повітря через світлові прорізи:

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot G_{\text{н.вкн}} \cdot F_{\text{вкн}} \cdot c \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \text{Вт}, \quad (2.8)$$

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

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

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

$F_{\text{вкн}}$ – площа віконних прорізів, м^2

Додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію:

$$Q_{\text{в}} = 0,28 \cdot V_{\text{п}} \cdot c \cdot \rho \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n_{\text{к}} \cdot k_{\text{в}}, \text{Вт} \quad (2.9)$$

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

$t_{\text{в}}$ і $t_{\text{з}}$ – температура внутрішнього повітря приміщення і розрахункового зовнішнього повітря, °C ;

$V_{\text{п}}$ – внутрішній об'єм приміщення, м^3 ;

ρ – густина повітря, яке видаляється з приміщення, $\rho=1,3 \text{ кг/м}^3$;

$n_{\text{к}}$ – кратність повітрообміну приміщення, год^{-1} ;

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення із-за розташування в ньому різного обладнання, приймаємо $k_{\text{в}}=0,85$.

Середня кратність повітрообміну громадського будинку, визначається за формулою:

$$n_{\text{к}} = \frac{\left[\left(\frac{L_{\text{в}} \cdot n_{\text{в}}}{24} \right) + \left(\frac{G_{\text{інф}} \cdot \eta \cdot n_{\text{інф}}}{24 \cdot \rho_{\text{с}}} \right) \right]}{v_{\text{в}} \cdot V_{\text{п}}}, \text{год}^{-1}; \quad (2.10)$$

де: $L_{\text{в}}$ – кількість припливного повітря в будинок у разі припливної вентиляції або нормативне значення під час механічної вентиляції, $\text{м}^3/\text{год}$, дорівнює для дитячих дошкільних закладів $7 \times F_{\text{р}}$;

ν_V – коефіцієнт зниження об'єму повітря у приміщенні, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. Для розрахунків приймається $\nu_V = 0,85$;

F_p – розрахункова площа будівлі, m^2 ;

n_V – кількість годин роботи вентиляції протягом однієї доби, год;

$n_{\text{інф}}$ – кількість годин інфільтрації повітря всередину будинку протягом однієї доби, год, для будинків із збалансованою припливно-витяжною вентиляцією дорівнює 24 год;

$G_{\text{інф}}$ – кількість повітря, що інфільтрується через огорожувальні конструкції в неробочий час, кг/год, приймається $G_{\text{інф}} = 0,5 \cdot \nu_V \cdot V_{\text{п}}$;

ξ – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях, що приймається 0,8. [22]

2.2 Проведення розрахунку

2.2.1 Розрахунок термічного опору огорожувальних конструкцій

1. Стіни:

кладка з силікатної цегли на цементно-піщаному розчині з $\lambda_1 = 0,87$ Вт/(м·К) товщиною $\delta_1 = 0,50$ м;

цементно-піщана штукатурка з $\lambda_2 = 0,93$ товщиною $\delta_2 = 0,03$ м.

Термічний опір кожного шару стіни знаходимо за формулою(2.2):

$$R_1 = \frac{0,50}{0,87} = 0,575 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

$$R_2 = \frac{0,03}{0,93} = 0,032 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Приведений опір теплопередачі для стін за формулою(2.3):

$$R_{\Sigma \text{пр}}^{\text{ст}} = \frac{1}{8,7} + 0,575 + 0,032 + \frac{1}{23} = 0,76 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Для I температурної зони мінімальне допустиме значення опору теплепередачі огорожувальних конструкцій громадських будівель дорівнює $R_{qmin}^{CT} = 3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. [23];

Отже, отримані результати стін не відповідають нормам, стіни потрібно утеплювати.

2. Вікна:

Металопластикові з однокамерним склопакетом $R_{вкн} = 0,45$.

Дерев'яні з подвійним склінням $R_{вкн} = 0,24$

Опір теплопередачі вікон є меншим за необхідний $R_{qmin}^{вкн} = 0,75 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Віка потрібно замінити.

3. Підлога:

залізобетонна плита з $\lambda_1 = 1,92$ товщиною $\delta_i = 0,22 \text{ м}$;

розчин цементно-піщаний з $\lambda_1 = 0,81$ товщиною $\delta_i = 0,04 \text{ м}$;

лінолеум полівінілхлоридний на тканевій основі $\lambda_1 = 0,35$ товщиною $\delta_i = 0,002 \text{ м}$.

Знаходимо опір кожного шару стіни за формулою (2.2):

$$R_1 = \frac{0,22}{1,92} = 0,12 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

$$R_2 = \frac{0,04}{0,81} = 0,05 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

$$R_3 = \frac{0,002}{0,35} = 0,01 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Приведений опір теплопередачі підлоги за формулою (2.3):

$$R_{\Sigma пр}^{пдл} = \frac{1}{8,7} + 0,12 + 0,05 + 0,01 + \frac{1}{12} = 0,38 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

Отже, опір теплопередачі підлоги є меншим за необхідний $R_{qmin}^{пл} = 3,75$ $м^2 \cdot К/Вт$.

4. Двері:

Дерев'яні з $\lambda_1 = 6,9$ $Вт/(м \cdot К)$ товщиною $0,04$ м

Металопластикові з $\lambda_2 = 0,43$ $Вт/(м \cdot К)$ товщиною $\delta_i = 0,04$ м

Термічний опір дверей за формулою (2.2):

Металопластикові

$$R_1 = \frac{0,04}{0,43} = 0,093 \text{ м}^2 \cdot К/Вт.$$

Дерев'яні

$$R_2 = \frac{0,04}{6,9} = 0,0058 \text{ м}^2 \cdot К/Вт.$$

Наведений опір теплопередачі дверей за формулою (3.3) :

Металопластикові

$$R_{1 \sum пр}^{дв} = \frac{1}{8,7} + 0,093 + \frac{1}{23} = 0,251 \text{ м}^2 \cdot К/Вт.$$

Дерев'яні

$$R_{2 \sum пр}^{дв} = \frac{1}{8,7} + 0,0058 + \frac{1}{23} = 0,164 \text{ м}^2 \cdot К/Вт.$$

5. Дах:

Цементно-піщаний розчин з $\lambda_1 = 0,02$ $\delta_i = 0,93$

Засипка шлаку з $\lambda_1 = 0,14$ $\delta_i = 0,19$

Круглопустотна з/б плита з $\lambda_1 = 0,22$ $\delta_i = 1,36$

рубероїд з $\lambda_1 = 0,27$ з товщиною $\delta_i = 0,01$ м.

Приведений опір теплопередачі шарів даху за формулою (2.2):

$$R_1 = \frac{0,02}{0,93} = 0,22 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

$$R_2 = \frac{0,14}{0,19} = 0,74 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

$$R_3 = \frac{0,01}{0,27} = 0,04 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Опір теплопередачі даху за формулою (2.3):

$$R_{\Sigma \text{ пр}}^{\text{дах}} = \frac{1}{8,7} + 0,22 + 0,74 + 0,04 + \frac{1}{23} = 1,16 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Мінімальне допустиме значення опору теплопередачі даху громадських будинків для І зони дорівнює $R_{\Sigma \text{ пр}}^{\text{дах}} = 5,35 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$

Отже, опір теплопередачі даху є меншим за необхідний, потрібне додаткове утеплення

Для розрахунків візьмемо такі значення:

$t_{\text{в}} = 18^\circ\text{C}$ – температуру всередині будівлі згідно норм для шкіл;

$t_3 = -25^\circ\text{C}$ – розрахункової температура зовнішнього повітря приймаємо тому, що дитячий садок побудований у Роменському р-н., який знаходиться у І температурній зоні. [24]

2.2.2 Розрахунок тепловтрат

Тепловтрат при дійсному стані стін за формулою (2.4):

$$Q_{\text{ст}} = \frac{F_{\text{ст}}}{R_{\Sigma \text{ пр}}^{\text{ст}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_3) \cdot n$$

$F_{\text{ст}} = 842 \text{ м}^2$, $R_{\text{ст}} = 0,76 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, $t_{\text{в}} = 18^\circ\text{C}$, $t_3 = -25^\circ\text{C}$, $n=1$, тоді

$$Q_{\text{ст}} = \frac{842}{0,76} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 47639,47 \text{ Вт}$$

Тепловтрати при дійсному стані вікон за формулою (2.4):

$$Q_{\text{ВКН}} = \frac{F_{\text{ВКН}}}{R_{\text{ВКН}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n$$

Металопластикові

$$F_{\text{ВКН}1} = 140 \text{ м}^2, R_{\text{ВКН}} = 0,45 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}, t_{\text{в}} = 18^\circ \text{С}, t_{\text{з}} = -25^\circ \text{С}, n=1, \text{ тоді}$$

$$Q_{\text{ВКН}} = \frac{140}{0,45} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 13377,7 \text{ Вт}$$

Дерев'яні

$$F_{\text{ВКН}2} = 106 \text{ м}^2, R_{\text{ВКН}} = 0,24 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}, t_{\text{в}} = 18^\circ \text{С}, t_{\text{з}} = -25^\circ \text{С}, n=1, \text{ тоді}$$

$$Q_{\text{ВКН}} = \frac{106}{0,24} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 18991,6 \text{ Вт}$$

Тепловтрати при дійсному стані підлоги за формулою (2.4), над неопалювальним підвалом:

$$Q_{\text{пдл}} = \frac{F_{\text{пдл}}}{R_{\Sigma \text{пр}}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}) \cdot n$$

$$F_{\text{пдл}} = 598 \text{ м}^2, R_{\text{пдл}} = 0,38 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}, t_{\text{в}} = 18^\circ \text{С}, t_{\text{з}} = 6^\circ \text{С}, n=0,6, \text{ тоді}$$

$$Q_{\text{пдл}} = \frac{598}{0,38} \cdot (18 - 6) \cdot 0,6 = 11330,56 \text{ Вт}$$

Тепловтрати через дах за формулою (2.4):

$$Q_d = \frac{F_d}{R_{\Sigma пр}^d} \cdot (t_b - t_3) \cdot n$$

$F_d = 893 \text{ м}^2$, $R_d = 1,16 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $t_b = 18^\circ\text{C}$, $t_3 = -25^\circ\text{C}$, $n=1$, тоді

$$Q_d = \frac{893}{1,16} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 23862,07 \text{ Вт}$$

Тепловтрати через двері за формулою(2.4):

$$Q_{дв} = \frac{F_{дв}}{R_{\Sigma пр}^{дв}} \cdot (t_b - t_3) \cdot n$$

Металопластикові

$F_{дв} = 3,6 \text{ м}^2$, $R_{дв} = 0,251 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $t_b = 18^\circ\text{C}$, $t_3 = -25^\circ\text{C}$, $n=1$, тоді

$$Q_{дв} = \frac{3,6}{0,251} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 616,7 \text{ Вт}$$

Дерев'яні

$F_{дв} = 14,4 \text{ м}^2$, $R_{дв} = 0,158 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, $t_b = 18^\circ\text{C}$, $t_3 = -25^\circ\text{C}$, $n=1$, тоді

$$Q_{дв} = \frac{14,4}{0,164} \cdot (18 - (-25)) \cdot 1 = 3512,2 \text{ Вт}$$

Додаткові тепловтрати через зовнішні стіни, що обумовлені орієнтацією будівлю за формулою (2.6):

$$Q_{ст}^d = 47639,47 \cdot 0,13 = 5761,05 \text{ Вт}$$

Додаткові тепловтрати через не утеплені підлоги розташові на ґрунті чи над неопалюваними підвалами за формулою (2.7):

$$Q_{\text{пдл}}^{\text{д}} = 11330,56 \cdot 0,05 = 566,53 \text{ Вт}$$

Додаткові тепловтрати на інфільтрацію холодного повітря через світлові прорізи за формулою(3.8):

$$Q_{\text{вкн}}^{\text{інф}} = 0,28 \cdot 6 \cdot 246 \cdot 1,005 \cdot (18 - (-25)) = 17859,9 \text{ Вт}$$

Для визначення додаткових тепловтрат через на витяжну природну вентиляцію, потрібно спочатку визначить середню кратність повітреобміну будинку за формулою(3.10):

$$n_k = \frac{\left[\left(\frac{7 \cdot 893 \cdot 24}{24}\right) + \left(\frac{0,5 \cdot 0,85 \cdot 4094,96 \cdot 0,8 \cdot 24}{24 \cdot 1,3 \cdot 1,005}\right)\right]}{0,85 \cdot 4094,96} = 2,1 \text{ год}^{-1};$$

Тоді додаткові тепловтрати на витяжну вентиляцію (2.9):

$$Q_{\text{в}} = 0,28 \cdot 4094,96 \cdot 1,005 \cdot 1,3 \cdot (18 - (-25)) \cdot 2,1 \cdot 0,85 = 114980,4 \text{ Вт}$$

Для аналізу розрахунків знайдемо сумарні тепловтрати через кожен вид огорожувальних конструкцій і наведемо в табл. 2.1

Таблиця 2.1 – Тепловтрати огорожувальних конструкцій будівлі

Вид огорожувальних конструкцій	Втрати теплоти, Вт	%
Стіни	53832,6	20
Вікна	32369,3	12
Підлога	11897,1	4
Дах	33102,6	12
Двері	4392,3	2

Продовження таблиці 2.1

Інфільтрація	17859,9	7
Витяжна вентиляція	114980,4	43
Разом	268434,2	100

Представимо графічно тепловтрати рис 2.1



Рисунок 2.1-Розподіл тепловтрат

З даних розрахунків видно, що найбільші тепловтрати відбуваються через витяжну вентиляцію 43% та через стіни 20%. Також великі втрати тепла приходяться на вікна 12% та на дах 12%. Це означає, що потрібно приділити увагу та займатися відновленням та утепленням стін, віконних конструкцій та модернізацією системи вентиляції.

2.2.3 Розрахунок тепло надходжень

Теплонадходження від людей:

$$Q_{\text{л}} = 1 \cdot 1 \cdot (2,5 + 10,3 \cdot \sqrt{0,15}) \cdot (35 \cdot 18) \cdot 128 = 14120,4$$

Теплонадходження від джерел освітлення:

$$Q_{\text{осв}} = 75 \cdot 0,95 \cdot 70 \cdot 0,6 + 60 \cdot 0,95 \cdot 54 \cdot 0,6 = 4839,3$$

Теплонадходження від сонячної радіації:

$$Q_{\text{рад}} = 250 \cdot 152 \cdot 0,95 + 100 \cdot 94 \cdot 0,95 = 45030$$

Сумарне теплонадходження:

$$Q_{\text{тн}} = 4839,3 + 45030 + 14120,4 = 63989,7$$

Для аналізу розрахунків ми знайшли сумарне теплонадходження і привели в табл. 2.2

Також представив графічно теплонадходження рис. 2.2

Таблиця 2.2– Теплонадходження

Вид теплонадходження	Кількість, Вт	%
Людей	14120,4	22
Джерел освітлення	4839,3	7,6
Сонячної радіації	45030	70,4
Разом	63989,7	100

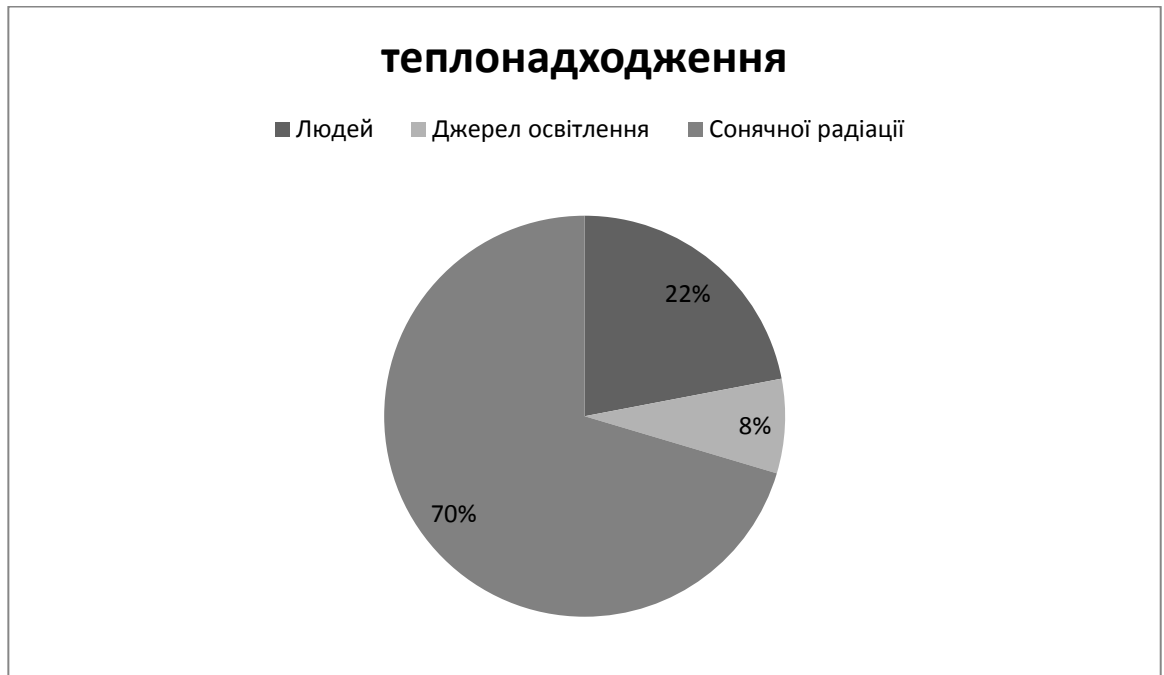


Рисунок 2.2- Розподіл теплонадходжень

З даних приведених в діаграмі видно, що найбільші теплонадходження йдуть від сонця 70% та людей 22%.

2.2.4 Визначення теплової потужності всієї будівлі:

Результат розрахунку теплової потужності згідно даних з табл.2.1-2.2

$$\Delta Q = 268434,2 - 63989,7 = 204444,5 \text{ Вт.}$$

2.3 Висновки за розділом

За даними розрахунків ми побачили, що основні тепловтрати приходяться на вентиляцію, стіни та вікна. Згідно цих даних будемо впроваджувати заходи по енергозбереженню

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

3.1 Опис можливих енергозбережних заходів

Для установки в закладі були запропоновані такі заходи з покращення та альтернативної енергетики:

- Тепловий насос;
- Сонячний колектор;

3.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів

3.2.1 Тепловий насос

В навчальному закладі можливе встановлення теплового насосу, що дасть можливість частково компенсувати або замінити традиційне опалення. Тобто, буде можливість опалювати навчальний заклад в той час, коли календарний опалювальний період вже закінчився, а температура на вулиці ще не досягла позначки для комфортного забезпечення навчального процесу.

Теплові насоси - ефективне перетворення електричної енергії та природної енергії води, землі і повітря в теплову.

Тепловий насос - пристрій для переносу теплової енергії від джерела низькопотенційної теплової енергії (з низькою температурою) до споживача (теплоносія) з більш високою температурою. Термодинамічно тепловий насос аналогічний холодильній машині. Однак якщо в холодильній машині основною метою є виробництво холоду шляхом відбору теплоти з якого-небудь обсягу випарником, а конденсатор здійснює скидання теплоти в навколишнє середовище, то в тепловому насосі картина зворотна[8].

Принципова схема роботи ТЕПЛОВОГО НАСОСА

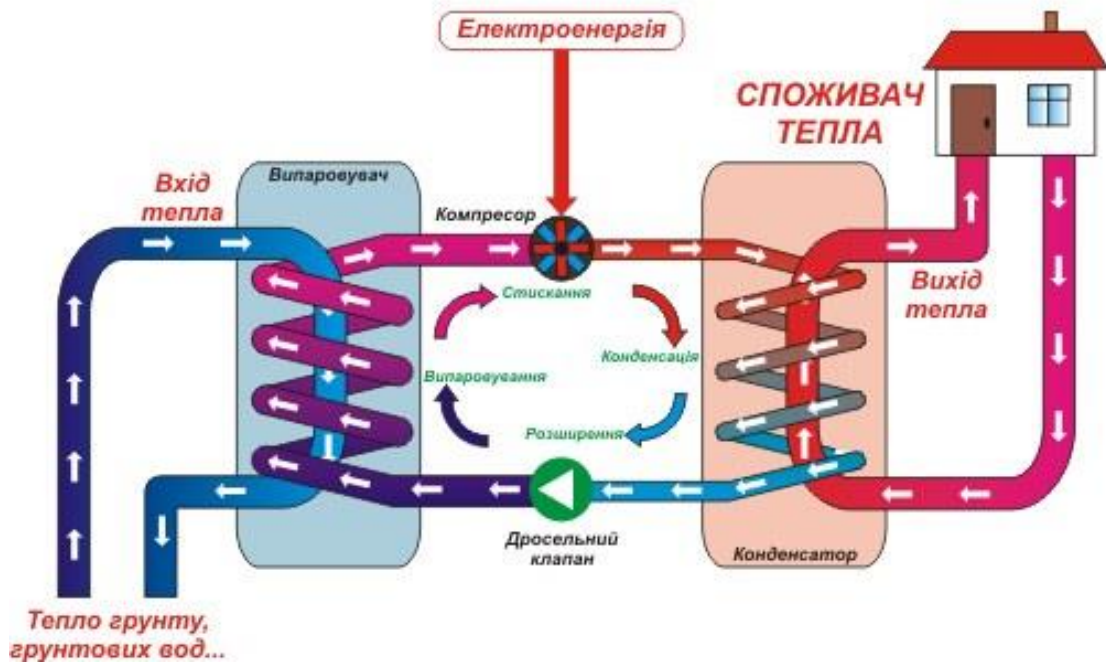


Рисунок 3.1 – Схема роботи теплового насоса

Поновлювані джерела генерації тепла є найдоступнішими і економічними, тому власники теплових насосів можуть не турбуватися з приводу відключення тепла в мороз. Дані агрегати відрізняються надійністю, які здатні передавати і підтримувати необхідні теплові показники.

Крім того, тепловий насос буде радувати своїх власників приголомшливою економічністю. В середньому йому потрібно в 4 рази менше електроенергії в порівнянні з альтернативними агрегатами. Такий пристрій акумулює тепло від природних джерел, навіть в умовах низьких температур зберігаючи тепло. Таке придбання окупиться через лічені роки експлуатації теплового насоса, а платіжки за комунальні послуги будуть радувати з найперших місяців. [13].

Переваги:

- Ефективність.

Тепловий насос демонструє підвищену ефективність у порівнянні з іншими поширеними технологіями, застосовуваними сьогодні. Зокрема, його продуктивність приблизно в 4-5 разів більше, ніж у газового котла при обліку

однакового споживання енергії. Основний секрет криється в тому, що таке обладнання не синтезує тепло самостійно, а тільки переносить його

- **Вигода.** Безумовно, тепловий насос обходиться недешево, але окупається він із приголомшливою швидкістю. Газ постійно дорожчає і в довгостроковій перспективі можна дуже сильно програти, використовуючи його як основне джерело для опалення. Тепловий насос же, у свою чергу, має менші витрати в експлуатації і через кілька років окупається.

- **Безпека.** Теплові насоси повинні бути безпечними що вони прекрасно демонструють в процесі роботи. Забезпечується досягнення цього критерію завдяки тому, що ніякого паливо вони не використовують, а тому і шкідливих компонентів не виділяють

- **Екологічність.** Власне, саме відсутність шкідливих викидів і нездатність забруднювати навколишнє середовище роблять таке обладнання максимальне екологічним, а тому актуальним, якщо врахувати, наскільки дане питання педантично розглядається останнім часом

- **Герметичний корпус конструкції** робить тепловий насос придатним до експлуатації протягом тривалого терміну. Далеко не всі сучасні технології здатні забезпечити аналогічний

- **Ціна і окупність**

Якщо купувати планується тепловий насос геотермального типу, то вкласти в нього доведеться значні кошти. Окупність – окремий нюанс, термін її збільшується в залежності від площі будинку: чим вона менша, тим довше період, протягом якого заплачені гроші повернуться власнику. Найчастіше час розтягується на 10-15 років або навіть більше, якщо мова йде про обладнання провідних європейських брендів відмінної якості. [16].

Для НЗ пропонується тепловий геотермальний насос IDM SW MAX 220 рис.2.1, вартість придбання складає - 4316871,30 грн [14].

Вартість обладнання для монтажу. – 975321,60 грн [14].

Вартість монтажу - 760000 грн [14].



Рисунок 3.1 - Тепловий геотермальний насос IDM SW MAX 220

В середньому навчальний заклад за рік витрачає на опалення 21065 м³ газу,
тоді:

$$8,82 \cdot 21065 = 185793 \text{ грн}$$

Загальна сума витрат складає:

$$K = 4316871,30 + 975321,60 + 760000 = 6052192,9$$

Термін окупності буде складати:

$$T_{\text{ок}} = \frac{6052192,9}{185793} = 32 \text{ роки}$$

Великий термін окупності обумовлений сезонним використанням опалювального приладдя.

3.2.2 Газогенераторна установка

Газогенераторна установка КЕА - призначена для отримання горючого газу з твердого палива для живлення двигунів внутрішнього згорання промислового призначення. В установці використаний зворотний процес газифікації. Установка складається з пристроїв генерації газу, очищення і охолодження див.рис.3.2

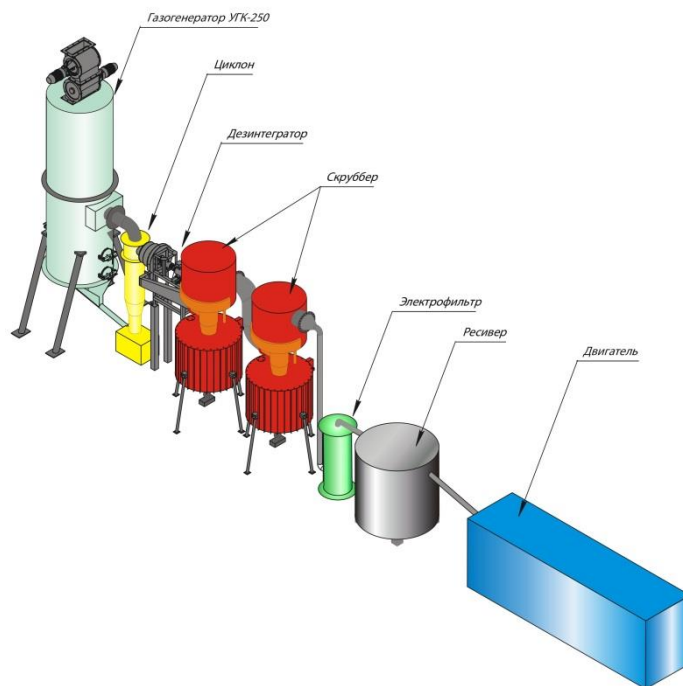


Рисунок 3.2 – Газогенераторна установка

Газогенератор - використовується для отримання силового (синтез, піролізного, генераторного) газу, в якому реалізована шарова газифікація з використанням оберненого процесу. Шарова газифікація характеризується чітким поділом палива на шари, які можна охарактеризувати протікають в

них процесами. У цих шарах послідовно відбуваються: розігрів і підсушуван горіння, газифікація

Отриманий газ необхідно очистити від смол, а крім цього, охолодити і зменшити в ньому вміст крапельної вологи - підготувати для подачі в силовий агрегат.

Циклон-розширювач - об'ємом 3-5 м³ призначений для охолодження і базової очищення води і великих частинок вуглецю методом миттєво змінюється обсягу.

Ресивер-охолоджувач - призначений для збору газу обсягом 3-6 м³, а також його охолодження.

Циклон - призначений для очищення газу від частинок золи розміром менше 5 мкм.

Скруббер - призначений для очистки газу від дрібнодисперсних частинок і розчинення у воді хімічних домішок. Принцип дії - вода, що циркулює між скруббером і блоком водообробки за допомогою циркуляційного насоса, розбризкується всередині герметичної камери назустріч відходить газів, видаляючи з них сажу, оксиди важких металів та інші шкідливі домішки. Після цього вода надходить назад в блок водообробки, де проходить очистку і знову подається в скруббер.

Електрофільтр призначений для очищення газогенераторного газу, а також інших промислових викидів від забруднень (тверді частинки, смоли і т.д.) і видалення вологи. Принцип дії електрофільтру заснований на використанні коронного розряду.

Трубчастий електрофільтр- апарат з вертикальним потоком газу. Підлягає очищенню газ проходить всередині трубчастого осадітельного електрода, по осі якого розташований коронируючий електрод. В поле коронного розряду частки заряджаються, під дією електричного поля рухаються до електроду і осідають на ньому, а відокремлена волога стікає в відстійник. [17].

В якості палива для газогенераторної установки

використовується 4 види відходів зазначених в таблиці 1.3

Таблиця 3.1- Види палива для електрогазогенераторної установки .

1. Деревні вологість до 20%	Опилка Тріска, малі поліна Виторцовка Брикети
2. Рослинні (сільгосппереробка) брикети	Соняшникове лушпиння Гречана лузга Костра льону Солома (дрібна фракція) Відходи цукрового буряка Картопляні відходи
3. Птахівництво (в розробці)	Підстилка
4. великої рогатої худоби та свинарство (в розробці)	Відходи за погодженням технологічного процесу

Для НЗ пропонується газогенератор ГГУ 2000 НД рис.2.3, для використання виробленого газу для опалювання будівлі школи шляхом його спаєння у вже існуючій котелні. Вартість придбання складає - 925000грн [15].

Вартість обладнання для монтажу. – 135000 [15].

Вартість монтажу - 87000 грн [15].



Рисунок 3.3 – Газогенераторна установка ГГУ 2000 НД

Згальна сума витрат:

$$K = 925000 + 135000 + 87000 = 1147000 \text{ грн}$$

В середньому навчальний заклад за рік витрачає на опалення 21065 м³ газу, тоді:

$$8,82 \cdot 21065 = 185793 \text{ грн}$$

Термін окупності буде складати:

$$T_{\text{ок}} = \frac{1147000}{185793} = 6,2 \text{ роки}$$

3.3 Висновок за роділом

В даному розділі було запропоновано та розраховано впровадження в опалювальну систему теплового насосу та газогенеративну установку. Вони дозволять зменшити використання традиційної енергетики.

З використанням відновлювальних джерел енергії вдасться знизити забруднення та рівень викидів парникових газів. Головною перевагою відновлювальних джерел є невичерпність і великий потенціал в майбутньому.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на об'єкті дослідження

Об'єкт дослідження є Андріївський ліцей, який розташований за адресою - вул. Новоселиця, 30, с. Андріївка, Роменський район, Сумська область, 42078. Будівля закладу має 2 поверхи. Рік побудови 1993р. [6].

Для учнів, вчителів та персоналу головним чинником для життєдіяльності є безпека. Це один з головних факторів для навчального процесу.

Для продуктивного та безпечного забезпечення навчального процесу у закладі повинно бути наступне:

- Повітрообмін та мікроклімат.
- Класи мають добре освітлюватися і бути комфортними та безпечними.

Провівши аналіз можна виділити наступні небезпечні та шкідливі фактори:

- Механічна безпека
- Електробезпека;
- Мікроклімат;
- Повітря робочої зони;
- Виробниче освітлення;
- Пожежна безпека.

4.1.1 Електробезпека

Електробезпека — система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, статичної електрики і електромагнітного поля. Правила електробезпеки регламентуються правовими і технічними документами, нормативно-технічною базою. Знання про електробезпеку необхідні всім людям. [18].

Щоб запобігти ураження електричним струмом в будівлі впроваджені такі заходи та засоби захисту:

- Інструктаж про використання та поводження з електроприладами
- захисне заземлення;
- забезпечується недоступність від випадкового дотику до струмопровідних частин;
- автоматичне вимкнення живлення;

Основним електроспоживаючим обладнанням НЗ є: комп'ютери, принтери, холодильники, електричні печі, шкільна майстерня.

4.1.2 Механічна небезпека

Механічні небезпеку може спричинити падіння важких об'єктів, наприклад: шафа, холодильник, комп'ютер. Також до механічної небезпеки в навчальному закладі можна віднести колючі та ріжучі об'єкти, такі як: ручки кулькові, циркуль, ножиці. Задля безпеки потрібно дотримуватися рекомендацій по використанню та встановленню приладів.

4.1.3 Мікроклімат

Мікроклімат навчальних приміщень — комплекс фізичних факторів, що здійснюють вплив на теплообмін людини з оточуючим середовищем, обумовлюють самопочуття, працездатність, стан здоров'я і якість праці співробітників навчального закладу. [19].

4.1.4 Повітря робочої зони

Для комфортного перебування людей в закладі задіяна природна вентиляція, яка здійснюється через вентиляційні канали за рахунок різниці

температур, зовнішнього і повітря робочої зони. За відсутності учнів в приміщенні вживаються заходи, щодо періодичного провітрювання. Провітрювання допомагає підтримувати параметри мікроклімату на оптимальному рівні. [19].

4.1.5 Виробниче освітлення

При виборі раціонального освітлення робочої зони навчальних приміщень необхідно виходити із можливостей використання, в першу чергу, природного освітлення, як найбільш безпечного і тільки потім використовувати штучне освітлення.

Виділяють три види штучного освітлення.

Загальне — освітлення, при якому світильники розміщені у верхній зоні приміщення рівномірно чи відповідно до розташованого обладнання.

Місцеве — освітлення, що створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Комбіноване — освітлення, при якому до загального освітлення додається місцеве.

Згідно з чинними нормативами оптимальне освітлення повинно забезпечувати такі умови:

- рівномірне освітлення робочої поверхні;
- відсутність відблиску;
- оптимальний контраст;
- оптимально підібраний колір освітлення;
- відсутність пульсації.

Порушення умов освітлення нерідко приводить до травматизму і появи професійних захворювань органів зору. [19].

4.1.6 Пожежна безпека

Будівля навчального закладу відносяться до категорії Д за вибухопожежною та пожежною небезпекою [20].

Будівля навчального закладу забезпечена первинними засобами пожежогасіння: вогнегасниками, пожежними щитами та стендами, відрами, ящиком із піском, пожежним знаряддям: пожежним ломом, багром, сокирою. Місця розміщення первинних засобів пожежогасіння зазначаються в планах евакуації. Вогнегасники встановлені таким чином, щоб можна було визначити тип вогнегасника, прочитати на його корпусі інструкцію з користування, а також для зручного зняття його. Вогнегасники розміщуються в легкодоступних місцях, які унеможливають їхнє пошкодження, попадання прямих сонячних променів, безпосередню дію опалювальних та нагрівальних приладів. Повсякденний контроль за зберіганням, вмістом і постійною готовністю до дії первинних засобів пожежогасіння здійснюється завідуючим господарством дошкільного навчального закладу [21].

Будівля навчального закладу також має план евакуації та евакуаційні шляхи і виходи, які будуть задіяні в разі виникнення пожежі, щоб забезпечити евакуацію всіх людей.

4.2 Висновки за розділом

В даному розділі по охороні праці ми розглянули всі небезпечні чинники та фактори в навчальному закладі, а саме:

- Електронезбезпека
- Механічна небезпека
- Мікроклімат
- Повітря робочої зони
- Виробниче освітлення
- Пожежна небезпека

Будівля навчального закладу забезпечена первинними засобами пожежогасіння. Будівля закладу має план евакуації та евакуаційні шляхи і виходи, які будуть задіяні в разі виникнення пожежі, щоб забезпечити евакуацію всіх людей.

Також на постійній основі проводяться інструктажі та надаються правила поводження з незнайомими предметами.

ВИСНОВОКИ

В магістерській дипломній роботі було проведено роботу по підвищенню енергоефективності будівлі ЗЗСО “Андріївська Гімназія” з використанням відновлювальних джерел енергії. Були зібрані загальні відомості про будівлі, обсяги споживання паливно-енергетичних ресурсів. Вентиляція будівлі природня, що свідчить про неконтрольований притік холодного повітря, що може значною мірою охолоджувати приміщення будівлі. З аналізу витрати газу на опалення можна побачити, що найбільше споживання приходить на грудень, січень і лютий, а найменше – квітень та жовтень.

Були запропоновані і розраховані заходи з впровадження поновлювальних джерел енергетики, а саме:

- Тепловий насос;
- Газогенеративна установка.

В розділі охорони праці розглянули небезпечні чинники в навчальному закладі з: електробезпеки, механічної безпеки, мікроклімату, повітря робочої зони, пожежної безпеки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альтернативні джерела енергії.[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://saee.gov.ua/uk/ae>
2. Альтернативна енергетика. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/konkyrs_stud/ES/2_3.pdf
3. Відновлювана енергетика [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://druisp.gov.ua/energomenedzhment/2240-vidnovlyuvana-energetika>
4. ДСТУ 4065:2001 "Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги";
5. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. – К.: Мінрегіон України. –2009.
6. Бакалаврська робота Волобуєв О. М. Підвищення рівня енергоефективності ЗЗСО “Андріївська гімназія” з комплексом термосанації будівлі[Електронний ресурс].Режим доступу [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/84213/1/Volobuyev_bak_robota.pdf](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/download/123456789/84213/1/Volobuyev_bak_robota.pdf)
7. ДСТУ Н Б В.1.1–27:2010 "Будівельна кліматологія" – К. Мінрегіонбуд України, 2006. –72 с.
8. Теплові насоси - ефективне перетворення електричної енергії та природної енергії води, землі і повітря в теплову. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:<https://www.truba.ua/ua/otoplenie/36043-proektyrovanye-montazh-naladka-absolyutno>
9. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с
10. Електроенергія. [Електронний ресурс].-Режим доступу https://sm.enera.ua-/index.php/consumer_privat?TarifyYear=2&Tarifymonth=4

11. Газ тариф [Електронний ресурс].-Режим доступу https://sm.enera.ua/tarif_pobut_gaz?language=ru
12. Наказ про затвердження Міжгалузевих норм споживання електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України [Електронний ресурс].-
Режим доступу <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z-0175-00#Text>
13. Теплові насоси [Електронний ресурс]. – Режим доступу:
<https://vsviti.com.ua/prnews/80763>
14. Тепловий насос геотермальний IDM SW MAX 220. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://idm.ua/product-idm-terra-sw-max-220-hgl/>
15. Газогенератор ГГУ 2000 НД [Електронний ресурс] – Режим доступу:
https://ekoenergya.com.ua/ua/p285028806-gazogenerator-ggu-2000.html?source=merchant_center&gclid=Cj0KCQiAtICdBhCLARIsALUBFcEBrxC2PKydQHgb5StUnzWitoql-s9HJ14jvgx9qsN4rBzi6WI4PLwaAmHFEALw_wcB
16. Переваги та недоліки теплового насосу [Електронний ресурс] –
Режим доступу: <https://a-air.com.ua/ua-articles/preimushhestva-i-nedostatki-teplovyyh-nasosov-ih-vidy/>
17. Газогенераторна установка КЕА. [Електронний ресурс]. –Режим доступу:
<http://gazogenerator.com.ua/products/gazogenerator-dlya-e-lektrostantsij/>
18. Охорона праці. [Електронний ресурс] – Режим доступу:
<http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2014/08/Binder21.pdf>
19. Мікроклімат навчальних приміщень. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://nau.edu.ua/site/variables/docs/docsmenu/охрана%20труда>.
- 20.10. ДБН В.1.1-7-02. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва
21. ДСТУ 3855-99 Пожежна безпека. Визначення пожежної небезпеки матеріалів та конструкцій.
22. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.– Зі зміною № 1 від 1 липня 2013 року. На заміну СНіП II-3-79. Введ. 09.09.2006 р. – К. : Міністерство будівництва, архітектури та житлово- комунального господарства України, 2006. –72 с

- 23.ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с
- 24.Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні Ктм 204 Україна 244-94 Київ 2001. –363с

ДОДАТОК А

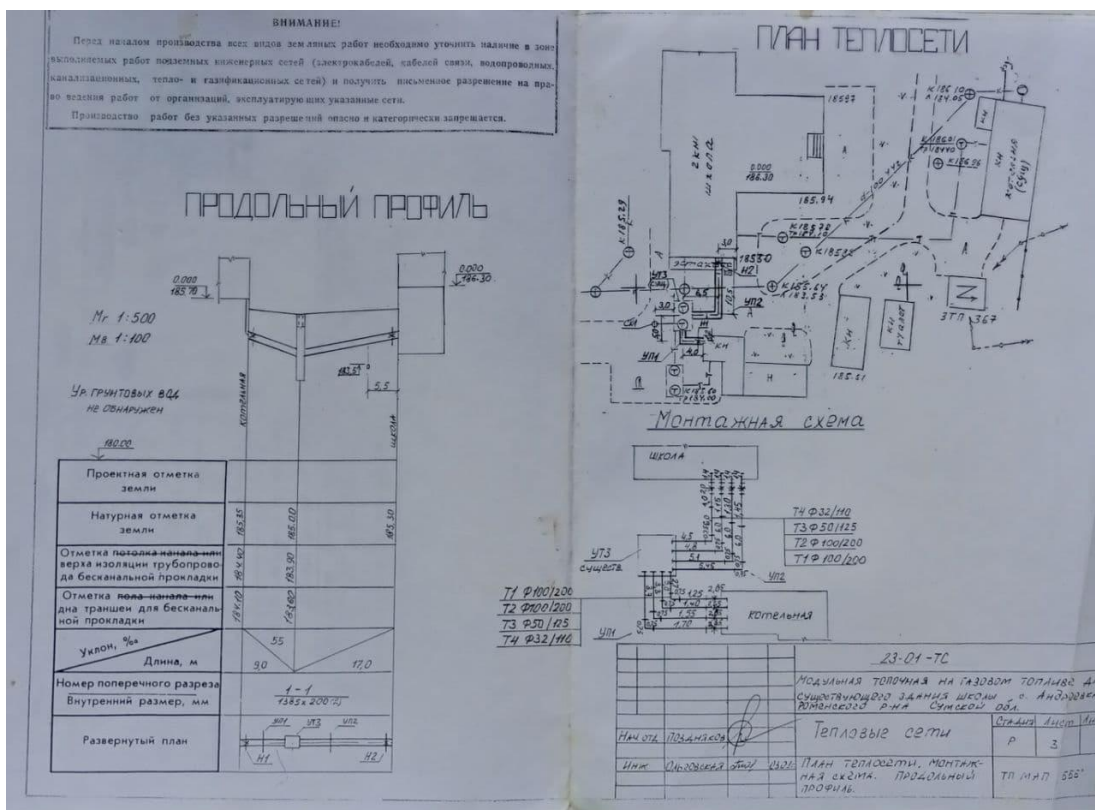


Рисунок А.1 – Система енергозабезпечення Андріївського ліцею.

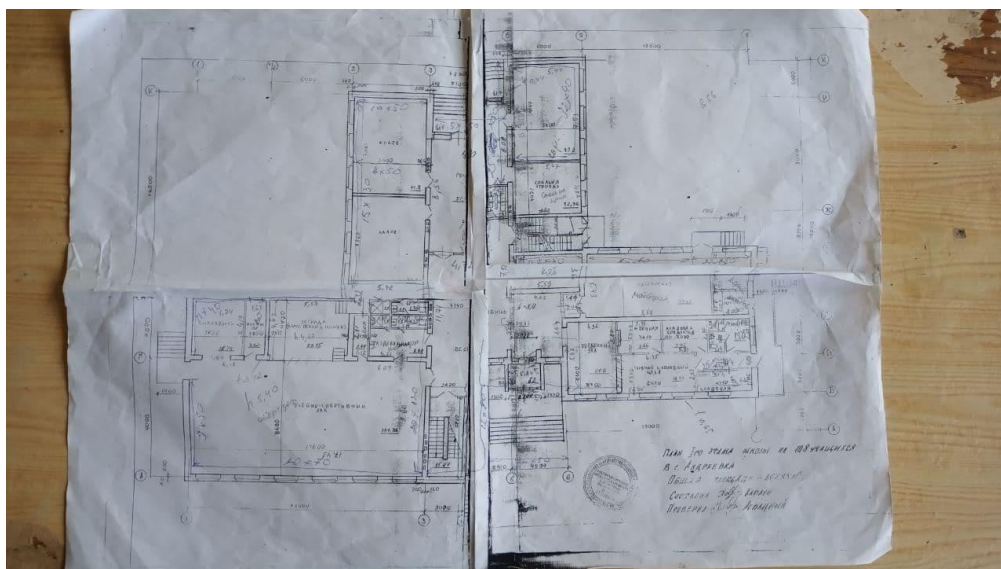


Рисунок А.2 – План будівлі 1-го поверху Андріївського ліцею.

