

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

Акименко Єлизавета Віталіївна

«Енергетичне обстеження будівлі та систем енергопостачання ДНЗ №40 СМР
та розробка заходів зі зменшенням обсягів енергоспоживання»

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)

_____ Антоненко С.С.
(прізвище і ініціали)

_____ доцент каф. ПГМ
(наукова ступінь, звання або посада)

Суми 2022

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 та 4-го розділу	до 18.12.2022	
6	Представлення виконаної роботи	до 20.12.2022	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 23.12.2022	
8	Проведення захисту роботи	з 23.12 до 28.12.2022	
9			
10			

Студент-магістр

_____ (підпис)

Керівник випускної роботи

_____ (підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 54 с., 11 таблиць, 6 рисунків, 2 додатки, 17 літературних джерел.

Мета роботи: енергетичне обстеження системи тепло – та електропостачання, гарячого та холодного водопостачання і надання рекомендацій по ефективному споживанню енергоресурсів.

Відповідно до поставленої мети були вирішені такі завдання:

- характеристика об'єкту енергетичного обстеження;
- розрахунковий аналіз обстежуваної системи енергопостачання;
- розробка можливих енергозберігаючих заходів.

Об'єкт дослідження - будівля ДНЗ №40 «Дельфін».

Предмет дослідження – системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі ДНЗ №40 «Дельфін».

Методи дослідження: інструментальне вимірювання температури та освітлюваності по приміщенням, економіко-математичні методи під час розробки енергозберігаючих заходів.

Ключові слова: ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ, ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ВИМІРЮВАЛЬНИЙ ПРИЛАД, АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ, ТЕПЛОВІЗІЙНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ОПІР ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ, ТЕПЛОВТРАТИ, , ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИЙ ЗАХІД, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

Тема роботи – «Енергетичне обстеження будівлі та систем енергопостачання ДНЗ № 40 СМР та розробка заходів зі зменшення обсягів енергоспоживання.»

ЗМІСТ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

РЕФЕРАТ

ВСТУП.....	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....	9
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	9
1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження.....	9
1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта	11
1.3.1 Система опалення	10
1.3.2 Система електропостачання.....	11
1.3.3 Система водопостачання.....	11
1.3.4 Система вентиляції.....	11
1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв	12
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду	12
1.4 Опис методів та приладів інструментально обстеження.....	13
2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ	15
2.1 Аналіз споживання енергоносіїв та води	15
2.1.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії.....	16
2.1.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії	16
2.1.3 Аналіз обсягів споживання води	18
2.2 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.....	20
2.2.1 Визначення питомих величин рівня енергоефективності	20
2.2.2 Визначення рівня величин енергетичних показників	22
2.2.3 Розрахунковий аналіз рівня теплоспоживання.....	24
2.3 Аналіз балансу витрат на енергоспоживання.....	28
3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ	30
3.1 Опис можливих енергозбережних заходів	30
3.2 Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі.....	35
3.3 Запровадження рекуператора теплоти у систему вентиляції будів- лі.....	33
3.4 Впровадження автоматизованої системи моніторингу та короткотерміно- вого прогнозування теплоспоживання будівлею.....	40
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	41
4.1 Характеристика досліджуваного об'єкту.....	41
4.2 Технічні рішення з гігієни праці та санітарії.....	42
4.2.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони.....	42
4.2.2 Освітлення.....	44

ВИСНОВКИ.....	46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48
ДОДАТОК А	50
ДОДАТОК Б.....	51

ВСТУП

Енергетичне обстеження – це обстеження підприємств або (установ) різної сфери діяльності та окремих виробництв за їх ініціативою з точки зору їх енергоспоживання з метою визначення можливостей економії енергії та допомоги у економії на практиці шляхом впровадження механізмів підвищення енергетичної ефективності, а також з метою впровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту.

Енергоаудити відіграють ключову роль в ефективному використанні енергії у промисловості, домогосподарствах та сферах послуг. Це інструмент для всебічної оцінки споживання паливно-енергетичних ресурсів, створення управлінських впливів та оцінки ефективності цих впливів. Отже, енергетичний аудит (енергоаудит) - це постійний механізм, який постійно контролює робочий стан об'єктів, перевіряє, перевіряє та вдосконалює заданий стандарт.

Предметом цього енергетичного обстеження є системи тепло- та електропостачання, гарячого та холодного водопостачання і надання рекомендацій по ефективному споживанню енергоресурсів.

Основна мета енергетичного обстеження є пошук можливостей енергозбереження і допомога у визначенні напрямків ефективного енергозбереження.

Об'єктом енергетичного обстеження є ДНЗ № 40 «Дельфін»

Енергетичний аудит проводять незалежні особи, яких називають енергоаудиторами або ж фірми, які уповноважені на це. Він може проводитися за ініціативою суб'єктів, а також у випадках, передбачених законодавством.

Ефективність і повнота аудита у значній мірі залежать від кваліфікації та досвіду енергоаудитора.

Мета та ціль представленого енергетичного обстеження: дослідження реального стану споживання енергоносіїв і води у будівлі Сумського дошкільного навчального закладу (ясла-садок) № 40 «Дельфін», що знаходиться за адресою: вул. Лермонтова, буд. 2, м. Суми, Сумська область, 40004.

Вихідні дані для проведення робіт з енергетичного обстеження: технічний паспорт будівлі, покази лічильників споживання електричної енергії, холодної води, вимірювання температури по приміщенням [1-3].

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом енергетичного обстеження даної магістерської роботи є Сумський ДНЗ № 40 «Дельфін», що знаходиться за адресою м. Суми, вул. Лермонтова буд. 2.

У закладі працює 58 працівників та виховується 210 дітей у 11 групах. Будівля Сумського ДНЗ №40 площею забудови 1735 м² складається з двох поверхів, підвального приміщення, яке не опалюється та одноповерхового корпусу басейну. Засновником дошкільного закладу є Сумська міська рада, а уповноваженим органом – управління освіти і науки Сумської міської ради.

Технічні характеристики будівлі:

- кількість поверхів 2;
- опалювальна площа 2493,6 м²;
- площа забудови 1735 м²;
- опалювальний об'єм будівлі 8727,6 м³;

У закладі встановлений п'ятиденний робочий тиждень. Режим роботи закладу з 7⁰⁰ години до 19⁰⁰ години.

1.2 Опис дійсного стану будівлі

Стіни даного дошкільного закладу № 40 № «Дельфін» виконані зі цементно-піщаної штукатурки, керамзитбетону. Суміщене перекриття виконане зі залізобетонної плити, цементної стяжки, керамзиту та руберойоду. Підлога із залізобетонних плит, цементної стяжки та лінолеуму ПВХ. Вікна встановлені металопластикові з двокамерним склопакетом та дерев'яні.

При проведенні енергетичного стану будівлі було встановлено, що загальний стан будівлі дошкільного навчального закладу є задовільним. Стіни будівлі за окремими ділянками мають пошкодження у вигляді розшарування, тріщин та зволоження. Такий стан стін будівлі обумовлює неприпустимо значні теплові втрати, та завищений обсяг споживання теплової енергії на її опалення. У конструкції системи тепlopостачання є варіанти «тепла підлога» частково по першому поверху.

Підтримання комфортних температур внутрішнього повітря у приміщеннях з великими об'ємами вимагає більших витрат теплової енергії. Відсутність утепленого перекриття у закладі призводить до того, що температура повітря у деяких групах на останньому поверсі значно нижча, ніж у групах першого поверху, та не відповідає нормативним показникам.

1.3 Обстеження енергетичних систем і системи водопостачання об'єкта

1.3.1 Система опалення

Тепlopостачання Сумського ДНЗ № 40 здійснюється централізовано згідно договору про надання послуг з централізованого опалення, який укладено з ТОВ «КППВ» договір SUB 21/22-001 02.02.2022.

Магістральні трубопроводи до будівлі прокладені під землею та під'єднуються в тепловому пункті до головних подавальних трубопроводів. Ввід теплової мережі передбачений до теплового пункту, розміщеного у підвальному приміщенні (див. додаток А) де є вільний доступ обслуговуючого персоналу до приладів, наявне освітлення та відповідає вимогам правил технічної експлуатації тепловикористовуючих устаткувань і теплових мереж. Трубопроводи тепломережі і деталі вузла обліку є сталеві, повністю ізольовані.

Система теплової мережі дошкільного навчального закладу двотрубна з нижньою розводкою: за напрямом з'єднання опалювальних приладів – горизонтальна. Розподіл теплоносія відбувається знизу-вгору по стояках.

Тип опалювальних приладів використовуються в основній будівлі – чавунні опалювальні прилади, основна прибудова (басейн першого поверху) – біметалічні моделі, спортзал другий поверх – реєстри опалення з гладких труб, є «тепла підлога» частково на першому поверсі. Опалювальні прилади розташовані під вікнами в кожному приміщенні. Доступ до опалювальних приладів необмежений.

1.3.2 Система електропостачання

Договір на постачання електричної енергії у дошкільний заклад №40 «Дельфін» укладено з «ЕНЕРА-СУМИ».

Електроспоживання дитячого дошкільного закладу йде на систему освітлення та систему технічного електрообладнання.

Система освітлення складається всього з 270 ламп. Лампи розжарювання 60 штук, світлодіодні лампи 210 штук .

1.3.3 Система водопостачання

Тип системи водопостачання централізований, здійснюється від місцевого водоканалу. Договір про постачання холодної води укладений КП «Міськводоканал». Договір про постачання гарячої води укладений ТОВ «Сумиобленерго». Система каналізації влаштована так, як і система водопостачання. Основними споживачами холодної та гарячої води є працівники, обслуговуючий персонал та вихованці закладу, основна кількість води використовується на приготування їжі, прання, та в туалетах.

При обстеженні, водопостачальна система та її теплоізоляція виявилася в задовільному стані.

1.3.4 Система вентиляції

Стан вентиляційної системи задовільним, оскільки в усіх приміщеннях вентиляційні решітки не заклеєні шпалерами. Також є наявність акту повірки за 2021 рік.

1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв

У вузлу обліку теплової енергії за технічними умовами передбачено встановлення лічильника тепла тепла VKP n 2 n 610-04, OT 5,7 n 1604-96, WP 50/130 n 5094926-97. Останній термін повірки лічильника 11 травня 2018 року.

У теплопункті водолічильник, який під'єднаний до теплолічильника, встановлений на трубі з зовнішнім діаметром $D_{тр}$ 50.

Встановлений силовий лічильник електричної енергії ЦЭ 6803 ВШ №91310580001617 . Заміна лічильника була проведена 25.02.2013р. Лічильник електричної енергії у харчовому блоці – ЦЭ 6803 ВШ №913058000975, заміна лічильника була проведена 25.02.2013р. Освітлення – ЕМН №1064657, заміна лічильника відбулася в 2013 році. Повірку провів СПД Кирилов Н. Г..

Облік споживання холодної води ведеться за показанням лічильника холодної води, встановлено у вузлі вводу. Лічильники води MN Qn 10A40DN40 №26153890. Повірка лічильника була проведена 11 травня 2018 року. Облік споживання гарячої води ведеться за показаннями лічильника води WP50/130 №5098555-97. Повірка лічильника була проведена 03.07.2018 року, також присутній лічильник гарячої води обратка MT-QN10.0-A90-VДУ40 №97970004798. Повірка лічильника гарячої води була проведена 03.07.2018 року, повірка лічильника гарячої води обратка була проведена 11.05.2018 року. Повірку провів СПД Кирилов Н. Г.. Договір на постачання гарячої води води укладено з ТОВ «Сумиобленерго», а на постачання холодної води з КП «Міськводоканал».

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Існуючі тарифи з ПДВ:

Тариф на теплоенергію – 4650,00 грн/Гкал.

Тариф на електроенергію – 5,83 грн/кВт·год.

Тариф на холодну воду – 15,98 грн/м³.

Тариф на водовідведення – 16,67 грн/м³.

1.4 Опис методів та приладів інструментального обстеження

В ході виконання магістерської роботи було вирішено провести повне тепловізійне обстеження огорожувальних конструкцій будівлі. Для цього потрібно було використати тепловізор.

Мета тепловізійного обстеження – виявлення місць найбільших тепловтрат у будівлі ДНЗ № 40 «Дельфін».

Таке обладнання, як тепловізор FlukeTi25, використовується для визначення температури та стану закритої конструкції будівлі, місця втрат тепла та несправності. Основні технічні характеристики наведені в таблиці 1.1.

Тепловізор (інфрачервона камера) - це фотоелектричний вимірювальний прилад, який працює в інфрачервоній області електромагнітного спектра і «перетворює» фактичне теплове випромінювання людини чи пристрою у видиму область спектра. Тепловізор слід використовувати як пристрій для безконтактного вимірювання температури об'єкта та температурного поля[4].



Рисунок 1.1 – Тепловізор FlukeTi25

Таблиця 1.1 - Основні технічні характеристики тепловізора FlukeTi25

Діапазон вимірювання температури	Від -20°C до $+350^{\circ}\text{C}$ (від -20°C до $+100^{\circ}\text{C}$)
Похибка вимірювання температури	$\pm 20\text{C}$, але не більше $\pm 2\%$
Мінімальна відстань фокусування	Об'єктів тепловізора 15 см, фотооб'єктів 48 см
Частота зміни кадрів	9 Гц
Тип інфрачервоного об'єктива	Об'єktiv 20 мм, F=0,8
Спектральний діапазон	Від 7,5 мкм до 14 мкм
Час автономної роботи від батареї	3-4 год

Тепловізійне обстеження будівлі Сумського дошкільного навчального закладу (ясла-садок) № 40 "Дельфін" м. Суми, Сумської області було проведено 9 лютого 2022 року з використанням тепловізора FlukeTi25. На момент проведення тепловізійного обстеження температура навколишнього середовища становила -2°C [4]. Середня температура всередині приміщень становила 19°C .

У роботі наведені наведені термограми, які показують типові проблеми по тепловтратам, що притаманні майже всім огорожувальним конструкціям(див. Додаток Б).

2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

2.1 Аналіз споживання енергоносіїв та води

2.1.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії

Кількість теплової енергії, спожитої будівлею закладу за 2019–2021 роки наведена у табл. 2.1 та на рис. 2.1 приведена динаміка споживання теплової енергії будівлею за 2019–2021 роки .

Таблиця 2.1 – Кількість теплової енергії, спожитої будівлею закладу за 2019– 2021 роки

Місяць	Рік		
	2019	2020	2021
	Гкал	Гкал	Гкал
Січень	90.2	79.2	78.3
Лютий	79.1	70.1	79.1
Березень	64.3	28.9	66.2
Квітень	–	0.6	9.8
Травень	–	–	–
Червень	–	–	–
Липень	–	–	–
Серпень	–	–	–
Вересень	–	–	–
Жовтень	20.0	3.5	29.3
Листопад	55.0	63.3	60.9
Грудень	61.1	62.4	57.6
Всього	369,7	308	381,2

Опалювальний період розпочинається за умови, коли середньодобова температура повітря протягом трьох днів поспіль не перевищує 8°C , та закінчується коли середньодобова температура за три доби не нижче ніж 8°C .

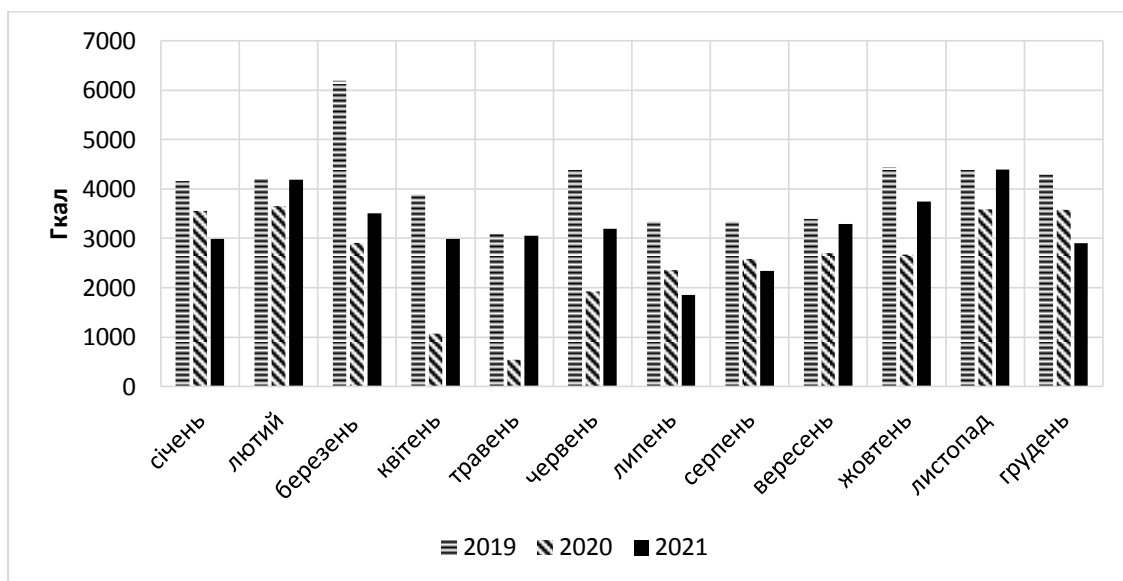


Рисунок 2.1 – Динаміка споживання теплової енергії будівлею за 2019–2021 роки

Графік динаміки теплоспоживання за 2019–2021 роки показує, що максимум споживання теплової енергії на опалення дошкільним навчальним закладом №40 «Дельфін» приходить на грудень, січень і лютий, а мінімум – квітень та жовтень. Нерівномірність споживання тепла у відповідні періоди кожного року пов’язана з різною температурою довкілля та відсутністю належного керування режимами роботи системи тепlopостачання будівлі.

2.1.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії

Кількість електроенергії, спожитої будівлею закладу за 2019–2021 роки наведена у табл. 2.2 та на рис. 2.2 приведена динаміка споживання електроенергії будівлею за 2019–2021 роки .

Таблиця 2.2 – Кількість електричної енергії, спожитої будівлею закладу за 2019– 2021 роки

Місяць	Рік		
	2019	2020	2021
	кВт·год	кВт·год	кВт·год
Січень	4168	3565	2984
Лютий	4209	3656	4182
Березень	6194	2913	3511
Квітень	3900	1075	2991
Травень	3100	545	3055
Червень	4388	1930	3194
Липень	3342	2360	1849
Серпень	3347	2593	2339
Вересень	3402	2715	3295
Жовтень	4443	2678	3740
Листопад	4392	3592	4390
Грудень	4298	3583	2897
Всього	48590	31205	38427

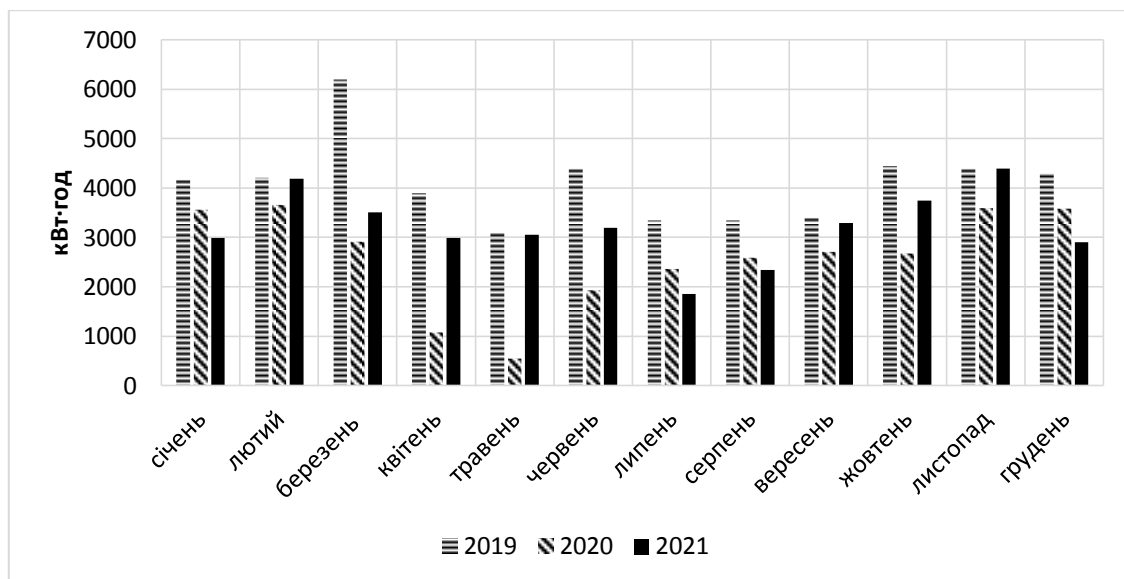


Рисунок 2.2 –Динаміка споживання електроенергії будівлею за 2019–2021 роки

Із діаграми приведеної динаміки споживання електроенергії будівлі можна побачити , що ДНЗ №40 в теплі місяці року споживає менше світла ніж в холодну пору року, це пояснюється зменшенням використання світла по всій будівлі, че-

рез меншу кількість вихованців в дитячому садочку та меншу кількість працівників. Також причиною зниження використання електроенергією влітку, являється збільшення світлового дня. Ще одна з причин введення карантину в 2020 році і до тепер.

2.1.3 Аналіз обсягів споживання води

Кількість спожитої холодної за 2018–2021 роки наведена у табл. 2.3 та на рис. 2.3 приведена динаміка споживання води будівлею за 2019–2021 роки .

Таблиця 2.3 – Кількість холодної води, спожитої будівлею за 2019– 2021 роки

Місяць	Рік		
	2019	2020	2021
	м. куб	м. куб	м. куб
Січень	390	479	312
Лютий	382	1192	367
Березень	394	334	362
Квітень	392	98	355
Травень	373	45	275
Червень	375	158	256
Липень	180	173	312
Серпень	241	252	278
Вересень	209	304	305
Жовтень	229	401	492
Листопад	579	456	378
Грудень	449	453	323
Всього	4193	4393	4015

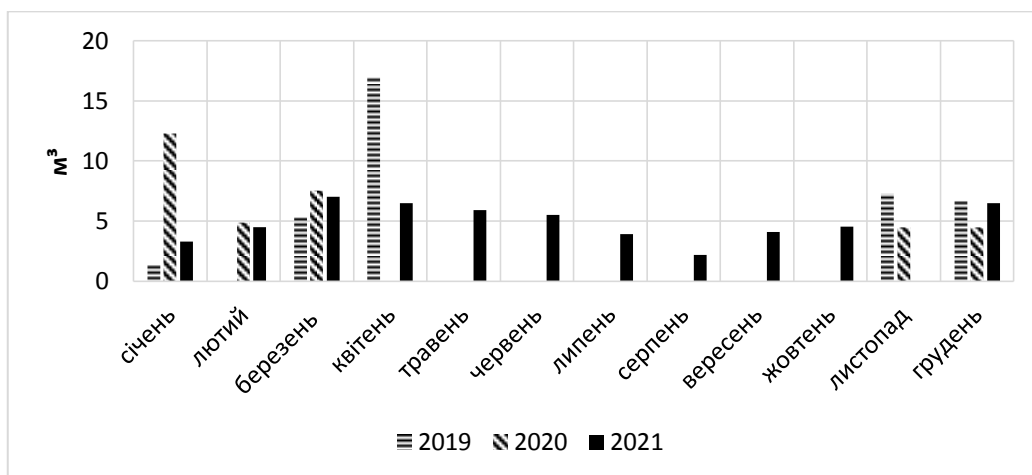


Рисунок 2.3 – Динаміка споживання холодної води за 2019–2021 роки

Проаналізувавши динаміку споживання холодної води на рис. 2.3 можна дійти до висновку, що дитячий дошкільний заклад № 40 споживає нерівномірно холодну воду. Також спостерігається велика розбіжність споживання води по роках, це пояснюється економією води тим, що за останній рік періодами дитячий садок був зачинений на карантин з зв'язку з пандемією.

Кількість спожитої гарячої за 2019–2021 роки наведена у табл. 2.4 та на рис. 2.4 приведена динаміка споживання гарячої води будівлею за 2019–2021 роки

Таблиця 2.4 – Кількість гарячої води, спожитої будівлею за 2019– 2021 роки

Місяць	Рік		
	2019	2020	2021
	Гкал	Гкал	Гкал
Січень	1.4	12.3	3.3
Лютий	-	4.9	4.5
Березень	5.34	7.56	7.03
Квітень	17.0	-	6.5
Травень	-	-	5.9
Червень	-	-	5.5
Липень	-	-	3.9
Серпень	-	-	2.2
Вересень	-	-	4.1
Жовтень	-	-	4,56
Листопад	7.3	4.5	-
Грудень	6.7	4.5	6.5
Всього	38.0	21.46	53,99

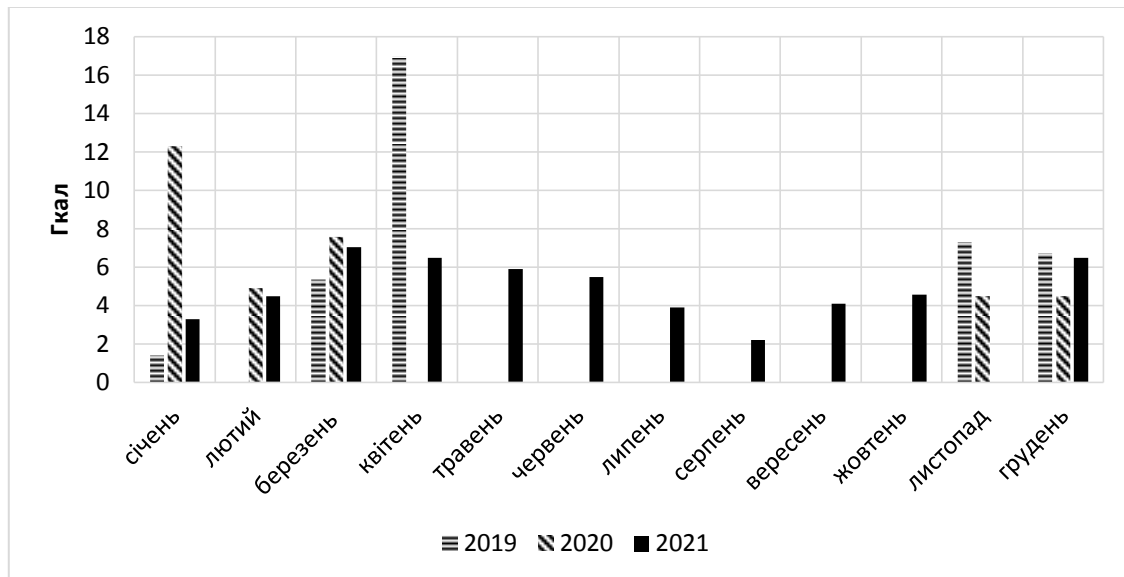


Рисунок 2.4 – Динаміка споживання гарячої води за 2019–2021 роки

Проаналізувавши динаміку споживання холодної води на рис. 2.3 можна дійти до висновку, що дитячий дошкільний заклад № 40 споживає нерівномірно гарячу воду. Також спостерігається велика розбіжність споживання води по роках, це пояснюється економією води тим, що за останні роки періодами дитячий садок був зачинений на карантин з зв'язку з пандемією.

2.2 Визначення питомих величин рівня енергоефективності

2.2.1 Визначення питомих величин рівня енергоефективності

З метою надання більш об'єктивного висновку про ефективність споживання теплової енергії на опалення будівлі закладу № 40 «Дельфін», який був обстежений, 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 [5, п.3.24]:

$$EP = \frac{Q_{оп}}{V_{буд}^{оп}}, \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} \quad (2.1)$$

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 [5]:

$$EP \leq EP_{max}, \quad (2.2)$$

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

EP_{max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі за опалювальний період, кВт год/м³ [5, п.5.3].

Нормативна питома енергопотреба для будинків та споруд дитячих дошкільних закладів першої температурної зони становлять [5, табл.1]:

$$EP_{max} = 48 \frac{\text{кВт}\cdot\text{год}}{\text{м}^3} = 0,041 \frac{\text{Гкал}}{\text{м}^3}.$$

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

- опалювальний період 2019–2020 рік – $Q_{оп} = 294,013$ Гкал;
- опалювальний період 2020–2021 рік – $Q_{оп} = 390,524$ Гкал;
- опалювальний період 2021–2022 рік – $Q_{оп} = 347,324$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення:

- опалювальний період 2019–2020 рік – $EP = 0,34$ Гкал/м³;
- опалювальний період 2020–2021 рік – $EP = 0,45$ Гкал;
- опалювальний період 2021–2022 рік – $EP = 0,40$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними опалювальними періодами становить – $EP = 0,040$ Гкал/м³.

Отриманий результат за роками по будівлі майже відповідає нормативній. Але, враховуючи результати енергетичного обстеження, треба зазначити, що за причиною дотримання встановлених для будівлі лімітів по теплоспоживанню, здійснюється зменшення обсягів споживання теплоти; при цьому відбувається нерівномірне прогрівання приміщень закладу, що призводить до використання додаткових джерел теплоти, внаслідок чого підвищуються загальні витрати на оплату за енергопостачання будинку. У такій ситуації порушується циркуляційний тиск теплоносія в опалювальних приладах навчального закладу; можлива відсутність руху теплоносія в крайніх ділянках теплопровідної системи і т.п.

2.2.2 Визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

Приведений опір теплопередачі дійсних огорожувальних конструкцій $R_{\Sigma пр}$, м²·К/Вт повинний бути не менше за вимогами 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°C та більше, обов'язкове виконання умови [6]:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q_{min}}, \quad (2.3)$$

Де $R_{\Sigma пр}$ – 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 [6].

Термічний опір i -го шару конструкції, що розраховується за формулою [4]:

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} \quad (2.4)$$

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

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К) [6].

Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma np}$, $m^2 \cdot K / \text{Вт}$, для непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.3) розраховується за формулою:

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

де: α_B , α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/($m^2 \cdot K$) [6];

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, Вт/($m^2 \cdot K$);

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (2.2), $m^2 \cdot K / \text{Вт}$.

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

Результати розрахунку опору теплопередачі огорожувальних конструкцій корпусів закладу, який обстежується, отримані у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Теплопровідність λ_i , $\frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma np}$, $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$		$R_{q \min}$, $\frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Стіни	Цементно-піщана штукатурка	0,03	0,81	1,18		3,3
		Керамзитобетон	0,30	0,31			
2	Суміщене покриття	Залізобетонна плита	0,22	1,92	1,65		5,35
		цемент. Стяжка	0,04	0,81			
		Керамзит	0,15	0,17			
		Руберойд	0,01	0,12			
3	Вікна	Металопластикові з двокамерним склопакетом	-	-	0,64	0,42	0,75
		Дерев'яні			0,2		
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	1,92	0,45		3,75
		цементна стяжка	0,04	0,81			
		Лінолеум ПВХ	0,003	0,35			

Отримані результати ($R_{\Sigma np} \ll R_{q \min}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [5, табл.3]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберіжних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

2.2.3 Розрахунковий аналіз рівня тепло споживання

Для аналізу теплової характеристики обстежуваної будівлі № 40 «Дельфін» будь-якого призначення при дійсному стані огорожувальних конструкцій без урахування всіх видів тепловтрат і теплонадходжень її теплову потужність можна розрахувати за збільшеними показниками.

Визначена величина теплової потужності використовується при впровадженні заходу з модернізації теплового пункту застарілої конструкції на об'єкті енергетичного обстеження на сучасний індивідуальний тепловий пункт з елементами автоматичного керування за режимами теплоспоживання або запровадження системи моніторингу теплоспоживання. Визначення величини фактичної питомої опалювальної характеристики будівлі [7], Вт/м³·°С, за дійсними параметрами стану огорожувальних конструкцій.

$$q_{\text{пит}}^{\phi} = \frac{P_{\phi}}{F_{\phi}} \cdot \left(\frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТН}}} + g_0 \cdot \left(\frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{ВКН}}} - \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТН}}} \right) \right) + \frac{1}{H_{\phi}} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТЛ}}} + 0,6 \cdot \frac{1}{R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{ПДЛГ}}} \right), \quad (2.6)$$

де P_{ϕ} – периметр будівлі за зовнішніми розмірами огорожувальних конструкцій, м;

F_{ϕ} – площа будівлі в межах периметра, м²;

H_{ϕ} – висота будівлі в межах опалюваних приміщень, м;

g_0 – коефіцієнт скління будівлі;

$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТН}}$ – приведений опір теплопередачі зовнішніх стін, м²·К/Вт

$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{СТЛ}}$ – приведений опір теплопередачі стелі будівлі, м²·К/Вт

$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{ПДЛГ}}$ – термічний опір теплопередачі підлоги будівлі, м²·К/Вт

$R_{\Sigma\text{пр}}^{\text{ВКН}}$ – опір теплопередачі вікон, м²·К/Вт .

Максимальна розрахункова тепла потужність будівлі за збільшеними показниками, яка можлива для даної будівлі, кВт, за опалювальний період [7]:

$$Q_{\phi} = a \cdot q_{\text{пит}}^{\phi} \cdot V_{\phi} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з,р}}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.7)$$

де V_{ϕ} – зовнішній об'єм будівлі в межах опалювальних приміщень, м³;

$t_{\text{в}}$ – температура по приміщеннях будівлі, °С;

$t_{\text{з,р}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для міста, де розташована будівля, °С [11];

a – поправковий коефіцієнт, за розрахунком дорівнює 1,01 [7]:

Фактична питома опалювальна характеристика будівлі

$$q_{\text{пит}}^{\phi} = \frac{346,95}{1735} \cdot \left(\frac{1}{1,18} + 0,23 \cdot \left(\frac{1}{0,42} - \frac{1}{1,18} \right) \right) + \frac{1}{6} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{1,65} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,45} \right) = 0,55 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{°С}$$

Максимальна розрахункова теплова потужність будівлі

$$Q_{\phi} = 1,01 \cdot 0,55 \cdot 10410 \cdot (22 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 271,79 \text{ кВт або } Q_{\phi} \\ = 0,234 \text{ Гкал}$$

Розрахунковий рівень теплової енергії на опалення будівлі за визначеним періодом, Гкал, визначається, як:

$$Q_{\text{р.оп}} = \frac{Q_{\phi}}{(t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{з.р}})} \cdot (t_{\text{в}}^{\text{сп}} - t_{\text{ср.п}}) \cdot n_{\text{оп}} \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} \quad (2.8)$$

де $t_{\text{в}}^{\text{сп}}$ – осереднена температура по приміщеннях будівлі, °С;

$t_{\text{з.р}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря [8], °С;

$t_{\text{ср.п}}$ – середня температура зовнішнього повітря за відповідний період, де розташована будівля, °С [8];

$n_{\text{оп}}$ – кількість годин за відповідний період опалення;

Розрахункова величина теплової енергії, яка потрібна була для опалення всієї будівлі за опалювальний період 2021–2022 року (120 діб, 2880 год), при умові дотримання температурного режиму у системі теплопостачання, та середній температурі за опалювальний сезон (01.11.2021–28.02.2022) –1°С [12] буде становити:

$$Q_{\text{р.оп}} = \frac{271,79}{(22 - (-25))} \cdot [(288 - (-2,7)) \cdot 2880] \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 335,15 \text{ Гкал}$$

Згідно наданих облікових даних по закладу за прийнятий базовий порівняльний опалювальний період 2021–2022 року (01.11.2021–28.02.2022), фактичні обсяги теплоспоживання на опалення становлять $Q_{ф.оп}=347,324$ Гкал. Фактична величина є меншою від необхідної розрахункової на 10%.

Встановлений факт невідповідності у споживанні теплової енергії дійсних показників з розрахунковими свідчить про те, що заклад дещо не отримує у повному обсязі теплової енергії від системи тепlopостачання, що може бути пов'язано з недодержанням температурного графіку у магістральних мережах.

Факт, температура теплоносія, який подається у систему опалення, не відповідає затвердженому температурному графіку централізованого тепlopостачання, до якого під'єднаний заклад. Наприклад, облікові показники температури теплоносія на вході у тепlopункт, які при середньодобовій температурі зовнішнього повітря нуль градусів за шкалою Цельсія дорівнюють у середньому значенні $60,66$ С° (див. таблиця 2.6).

Розрахункова базова величина рівня теплоспоживання за період однієї доби коли середньодобова температура зовнішнього повітря дорівнює нуль градусів за шкалою Цельсія в умовах запровадження чергового опалення становить (2.3):

$$Q_{р.оп} = 271,79 \cdot \frac{(22 - 0)}{(22 - (-25))} \cdot 24 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 2,63 \text{ Гкал}$$

При проведенні енергетичного обстеження системи теплоспоживання будівлі було проведено аналіз обсягів теплоспоживання при різних значеннях середньодобової температури зовнішнього повітря та отримані дані величин спожитої теплової енергії при середньодобовій температурі зовнішнього повітря яка дорівнює нуль градусів за шкалою Цельсія.

При впровадженні системи моніторингу за ключову величину теплоспоживання необхідно прийняти розрахункову – 2,6 Гкал за добу.

Таблиця 2.6 – Фактичні дані величин спожитої теплової енергії при середньодобовій температурі зовнішнього повітря яка дорівнює нуль градусів за шкалою Цельсія

Опалувальний рік 2021-2022		
Дата доби	Обсяг теплоспоживання, Гкал	Температура теплоносія, °С
22.01.21	3.8	83
19.11.21	2.00	54
14.01.22	2.00	60
31.01.22	2.5	55
07.02.22	2.8	56
09.02.22	2.6	56

2.3 Аналіз балансу витрат на енергоспоживання

Для надання загальної характеристики обсягів витрат ПЕР та визначення першочергових можливих напрямків економії енергоспоживання, наведено порівняльну діаграму витрат коштів у відсотках на споживання холодної води, електричної та теплової енергії по будівлі. Дана діаграма представлена на рисунку 2.5.

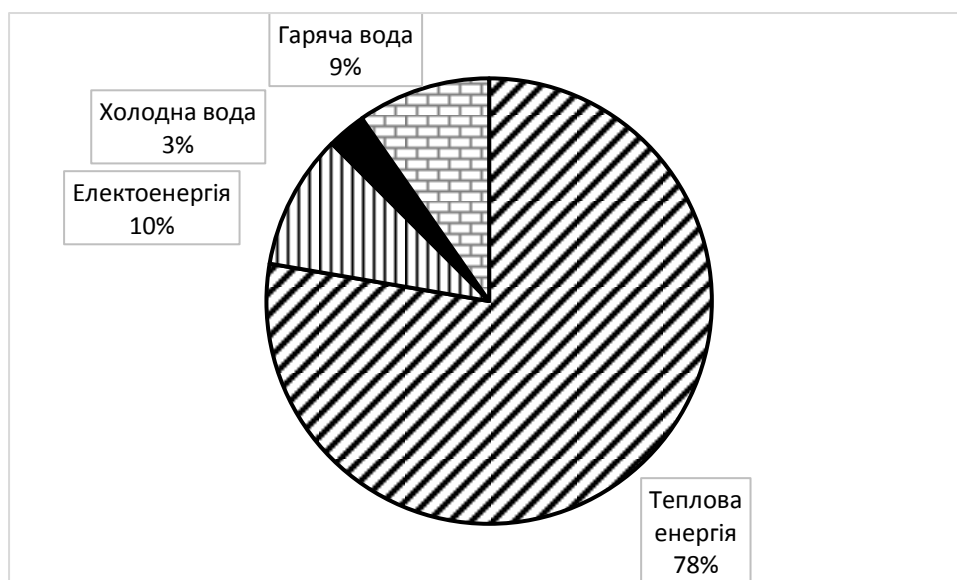


Рисунок 2.5 – Діаграма співвідношення витрат коштів на споживання енергоресурсів

По проведеному аналізу діаграми на рисунку 2.5, зроблено висновок, що найбільше споживається тепла енергія. Тому, найголовнішим напрямком впровадження енергозберігаючих заходів щодо економії витрат на експлуатацію будівлі є заходи з раціонального використання теплової енергії.

3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

3.1 Опис можливих енергозбережних заходів

За результатами проведених етапів з енергетичного обстеження, запропоновано такі енергозберігаючі заходи:

- Утеплення огороджувальних конструкцій будівлі (стін та суміщеного перекриття) .
- Запровадження рекуператора теплоти у систему вентиляції будівлі.
- Впровадження автоматизованої системи моніторингу та короткотермінового прогнозування теплоспоживання будівлею.

3.2 Утеплення огороджувальних конструкцій будівлі (стін та суміщеного перекриття)

У зв'язку з тим, що отримані результати ($R_{\Sigma пр} \ll R_{qmin}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій нормативним вимогам (див. табл. 2.3), необхідним є проведення відповідних розрахунків щодо заходів з покращення теплозахисних властивостей зовнішніх стін. Виведення показника опору теплопередачі стін на рівень нормативної величини здійснюється за допомогою теплоізоляції огороджувальних конструкцій спеціальними теплоізоляційними матеріалами. При запровадженні утеплення огороджувальних конструкцій теплоізоляційними матеріалами з визначеною товщиною, буде забезпечена нормативна вимога за величиною опору теплопередачі, що задовольнятиме умову $R_{\Sigma пр} \geq R_{qmin}$. Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару дуг для утеплення огороджувальної конструкції проводиться за формулою [2]:

$$\delta_{\text{ут}} = [R_{q\text{min}} - R_{\Sigma\text{пр}}] \cdot \lambda_{\text{ут}} \quad (3.1)$$

де $\lambda_{\text{ут}}$ – теплопровідність теплоізолюючого матеріалу, Вт/(м·К) [6, 7];

$R_{\Sigma\text{пр}}$ – приведений (дійсний) опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м² ·К/Вт;

$R_{q\text{min}}$ – нормативний опір теплопередачі огорожувальної конструкції, м² ·К/Вт.

Розрахунок економії теплової енергії від утеплення стін і дахового перекриття по будівлі:

Для утеплення стін будівлі (що являють собою цегляну кладку та штукатурку) пропонуються ППС-плити з маркуванням Ceresit СТ 315, щільністю не менше 15 кг/ м³. Теплопровідність якого складає $\lambda \leq 0,036$ Вт/(м·К).

Товщина теплоізоляції зовнішніх стін становить:

$$\delta_{\text{ут}} = [3,3 - 1,18] \cdot 0,036 = 0,076 \text{ м}$$

Найближче більше зі стандартних значень товщини плит з базальтової вати, що є у продажу – 0,1 м. Обирається теплоізоляційний матеріал – базальтова вата марки ТЕХНОФАС (1200×600×100 мм) [3].

Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару для перекриття суміщеного покриття будівлі:

$$\delta_{\text{ут}} = [5,35 - 1,65] \cdot 0,036 = 0,133 \text{ м}$$

Найближча більша товщина зі стандартних значень товщини плит з базальтової вати – 0,15 м. Обирається теплоізоляційний матеріал – базальтова ва-

та марки ТЕХНОФАС (1200×600×100 мм) [3] та ТЕХНОФАС (1200×600×50 мм) [4].

Тепловтрати через огорожувальну конструкцію будівлі, Вт, що потрібно утеплити, визначають за загальною формулою:

$$Q_0 = \frac{F_{\text{огр}}}{R_{\Sigma \text{ ПР}}} \cdot (t_B - t_3) \cdot n, \text{ Вт} \quad (3.2)$$

де: $F_{\text{огр}}$ – розрахункова площа поверхні огорожувальної конструкції, м^2 ;

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

t_B, t_3 – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

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

Тепловтрати через стіни будівлі до утеплення:

$$Q_{\text{стн1}} = \frac{1528,94}{1,18} \cdot (22 - (-25)) \cdot 1 = 60,9 \text{ кВт}$$

Тепловтрати через стіни будівлі після утеплення:

$$Q_{\text{стн2}} = \frac{1528,94}{3,3} \cdot (22 - (-25)) \cdot 1 = 21,78 \text{ кВт}$$

Тепловтрати через стелю будівлі до утеплення:

$$Q_{\text{стл1}} = \frac{1470,59}{1,65} \cdot (22 - (-25)) \cdot 1 = 41,89 \text{ кВт}$$

Тепловтрати через стелю будівлі після утеплення:

$$Q_{\text{стл2}} = \frac{1703,59}{1,65} \cdot (22 - (-25)) \cdot 1 = 12,92 \text{ кВт}$$

Економія витрат теплоти після утеплення зовнішньої огорожувальної конструкції розраховується за формулою:

$$\Delta Q_{\text{огр}} = Q_{\text{огр}}^1 - Q_{\text{огр}}^2 \quad (3.3)$$

де $Q_{\text{огр}}^1$ і $Q_{\text{огр}}^2$ —тепловтрати крізь огорожувальну конструкцію відповідно до утеплення та після утеплення, кВт.

Економія витрат теплоти після утеплення зовнішньої огорожувальної конструкції, кВт:

$$\Delta Q_{\text{огр}} = (60,9 - 21,78) + (41,89 - 12,92) = 68,09 \text{ кВт}$$

Визначення річної економії теплової енергії після впровадження заходу, кВт·год/рік:

$$Q_{\text{огр}}^{\text{Ек.рік}} = \Delta Q_{\text{огр}} \cdot \frac{(t_{\text{в}} - t_{\text{ср.оп}})}{(t_{\text{в}} - t_{\text{з.р}})} \cdot 24 \cdot n_{\text{оп}} \quad (3.4)$$

де $t_{\text{ср.оп}}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, (за період 01.11.2021-28.02.2022 становила -1 за Цельсієм)[6,9];

$n_{\text{оп}}$ —тривалість опалювального періоду, діб (за період 01.11.2021-28.02.2022 становила 120 діб).

Річна економія теплової енергії після теплоізоляції:

$$Q_{\text{огр}}^{\text{Ек.рік}} = 68,09 \cdot \frac{(22 - (-1))}{(22 - (-25))} \cdot 24 \cdot 120 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 82,49 \text{ Гкал}$$

У грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 82,49 \text{ Гкал} \cdot 4650 \text{ грн/Гкал} = 383578,5 \text{ грн};$$

Для утеплення вибираємо базальтові плити, розміром плит: 1200*600*100мм вартість якого складає 140,9 грн/м² [6,7], також для суміщеного перекриття 1200×600×50 мм вартість якого складає 70,5 грн/м² [6,7]. Загальна площа стін і суміщеного перекриття, які потребують утеплення складає 1528,94 м² для стін, і 1470,59 м² для суміщеного перекриття.

Отже для утеплення фасаду нам необхідно 1528,94 м² утеплювача, тобто вартість складатиме 1528,94 · 140,9=215427,65грн. Та для утеплення суміщеного перекриття необхідно 1470,59 м² утеплювача, тобто вартість складатиме 1470,59·(140,9+70,5)=310882,73.

Вартість монтажних робіт складає приймаємо 25% від загальних витрат на матеріали.

Загальні витрати на утеплення стіни:

$$K = 215427,65 + 310882,73 + (215427,65 + 310882,73 \cdot 25\%) = 657887,98 \text{ грн}$$

Визначимо простий термін окупності від теплоізоляції огорожувальних конструкцій:

$$T_{\text{ок}} = K/E = 383578,5/657887,98 = 0,5 \text{ року}$$

Таблиця 3.1 - Результати розрахунку дискотованого терміну окупності

Грошові потоки	Роки						
	1	2	3	4	5	6	7
Витрати, тис. грн.	(657,89)	0	0	0	0	0	0
Дисконовані витрати, тис. грн	(539,25)	0	0	0	0	0	0
Грошові надходження, тис. грн	383,58	383,6	383,6	383,6	383,6	383,58	383,6
Дисконтні грошові надходження, тис. грн.	314,41	333,5	333,5	333,5	333,5	333,55	333,5
Накопичені дисконтовані витрати, тис. грн.	(539,25)	(224,8)	108,7	442,3	775,8	1109,3	1443
Накопичені дисконтовані грошові надходження, тис. грн.	314,41	333,5	333,5	333,5	333,5	333,55	333,5
Різниця між накопиченими дисконтованими витратами і накопиченими дисконтованими надходженнями, тис. грн.	(224,84)	108,7	442,3	775,8	1109	1442,9	1776

3.3 Запровадження рекуператора теплоти у систему вентиляції будівлі

Пропонується встановити рекуператори у навчальних приміщеннях. В залежності від запланованої кількості встановлених рекуператорів, загальний результат економії витрат теплової енергії від впровадження даного енергозбережного заходу буде дорівнювати добутку кількості приміщенні, в яких планується встановити рекуператори, на величину економії від встановлення рекуператора в типовому приміщенні.

Для розрахунку економії енергоресурсів і відповідно до витрат під час запровадження енергозбережного заходу із рекуперації теплоти у системі вентиляції

будівлі необхідно визначитися із вихідними даними, а саме визначити об'єми повітря, що вентилюється у приміщеннях будівлі. Як правило, ці об'єми дорівнюють величинам кратності повітрообміну у разі природної вентиляції або паспортним величинам витрат вентиляторів під час механічної вентиляції. Для подальших розрахунків приймають, що об'ємні витрати витяжного V_B та припливного зовнішнього повітря V_3 для модернізованої системи вентиляції дорівнюють один одному $V_B=V_3$, м³/с.

Визначається масова витрата вентилязованого повітря розраховується за формулою [10]:

$$m_B = V_B \cdot \rho_{\Pi} \quad (3.5)$$

де ρ_{Π} – густина повітря, що вентилюється за нормальних умов, кг/м³ (для розрахунків береться $\rho_{\Pi}=1,3$ кг/м³);

V_B – об'ємна витрата повітря, що вентилюється, м³/с.

Об'ємна витрата повітря, що вентилюється для природної вентиляції [11]:

$$V_B = 0,278 \cdot V_{\Pi} \cdot k_v \cdot n_k \cdot 10^{-3} \quad (3.6)$$

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

k_v – коефіцієнт, що враховує зменшення внутрішнього об'єму приміщення через розміщення у ньому різного обладнання (береться $k_v=0,85-1,0$);

n_k – кратність повітрообміну приміщення, год⁻¹.

Враховуючи розрахункові умови, що масові витрати і теплоємності витяжного та припливного повітря однакові та результати рівнянь теплового балансу, величина економії теплової енергії на опалення приміщення після запровадження технології рекуперації теплоти у системі вентиляції будівлі визначається як [12]:

$$\Delta Q_{\text{рт}} = m_{\text{в}} \cdot c_{\text{п}}(t_{\text{в}} - (t_{\text{з.п.}} + \Delta t_{\text{п}})) \quad (3.7)$$

де $t_{\text{в}}$ —температура витяжного повітря, $^{\circ}\text{C}$, як правило, дорівнює температурі повітря всередині приміщення, що вентилується;

$t_{\text{з.п.}}$ —розрахункова температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$ [13];

$\Delta t_{\text{п}}$ —величина зменшення температури витяжного повітря після рекуперації теплоти, $^{\circ}\text{C}$. Для практичних розрахунків береться із діапазону $\Delta t_{\text{п}}=10\text{--}15^{\circ}\text{C}$; $c_{\text{п}}$ —питома масова ізобарна теплоємність повітря, що дорівнює $1,005\text{кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$.

Рекуперація теплоти без додаткового нагрівання припливного повітря в приміщеннях:

1. Спальня на другому поверсі

Розрахункова кратність повітрообміну приміщення дорівнює:

$$n_{\text{к}}=1,3 \text{ год}^{-1};$$

Об'єм приміщення:

$$V_{\text{п}}=90 \text{ м}^3$$

Об'ємна витрата повітря:

$$V_{\text{в}} = 0,278 \cdot 90 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} = 0,029 \text{ м}^3/\text{с}$$

Масова витрата вентилязованого повітря:

$$m_{\text{в}} = 0,029 \cdot 1,3 = 0,038 \text{ кг/с.}$$

Величина економії теплової енергії на опалення спального приміщення після запровадження технології рекуперації теплоти у системі вентиляції дорівнює:

$$\Delta Q_{\text{рт}} = 0,038 \cdot 1,005 \cdot (22 - ((-25) + 12)) = 1,33 \text{ кВт}$$

Річна економія на тепловтрати після встановлення системи рекуперації у спальному приміщенні:

$$Q_{\text{огр}}^{\text{Ек.рік}} = 1,33 \cdot \frac{(22 - (-1))}{(22 - (-25))} \cdot 24 \cdot 120 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 1,61 \text{ Гкал}$$

По об'ємній витраті повітря для спальні ($V_{\text{в}} = 0,029 \text{ м}^3/\text{с} = 104,4 \text{ м}^3/\text{год}$) підбираємо рекуператор Prana 150 ECO, який має приток повітря $105 \text{ м}^3/\text{год}$ [14].

2. Ігрова кімната на другому поверсі

Розрахункова кратність повітрообміну приміщення дорівнює:

$$n_{\text{к}} = 1,3 \text{ год}^{-1};$$

Об'єм приміщення:

$$V_{\text{п}} = 79,7 \text{ м}^3$$

Об'ємна витрата повітря:

$$V_{\text{в}} = 0,278 \cdot 79,7 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} = 0,026 \text{ м}^3/\text{с}$$

Масова витрата вентилязованого повітря:

$$m_B = 0,026 \cdot 1,3 = 0,034 \text{ кг/с.}$$

Величина економії теплової енергії на опалення ігрової кімнати після запровадження технології рекуперації теплоти у системі вентиляції дорінює:

$$\Delta Q_{\text{рт}} = 0,034 \cdot 1,005 \cdot (22 - ((-25) + 12)) = 1,2 \text{ кВт}$$

Річна економія на тепловтрати після встановлення системи рекуперації в ігровій кімнаті:

$$Q_{\text{огр}}^{\text{Ек.рік}} = 1,2 \cdot \frac{(22 - (-1))}{(22 - (-25))} \cdot 24 \cdot 120 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 1,45 \text{ Гкал}$$

По об'ємній витраті повітря для ігрової кімнати ($V_B = 0,026 \text{ м}^3/\text{с} = 93,6 \text{ м}^3/\text{год}$) підбираємо рекуператор Piana 150 ESO, який має приток повітря $105 \text{ м}^3/\text{год}$ [14].

Сумарна економія теплової енергії за рік від встановлення рекуператорів теплоти становитиме:

$$\sum Q_{\text{вент}}^{\text{Ек.рік}} = 1,61 + 1,45 = 3,06 \text{ Гкал}$$

У грошовому еквіваленті економія складе :

$$E = 3,06 \text{ Гкал} \cdot 4650 \text{ грн/Гкал} = 14229 \text{ грн};$$

Загальні витрати на утеплення стіни:

$$K = 17298 \cdot 2 = 34596 \text{ грн}$$

Визначимо простий термін окупності від теплоізоляції огороджувальних конструкцій:

$$T_{\text{ок}} = K/E = 34596 / 14229 = 2,43 \text{ року}$$

3.4. Впровадження автоматизованої системи моніторингу та короткотермінового прогнозування теплоспоживання будівлею

Економія теплової енергії на об'єктах моніторингу склала від 0,8% до 18,95% при середньому рівні – 10% за сезон. Економія була одержана за рахунок дотримання прогнозованих лімітів теплоспоживання об'єктів та додаткових заходів щодо зниження теплового навантаження будівель у години відсутності людей у будівлях протягом доби.

Виходячи з чинного тарифу на теплову енергію, що становить на період 01 січня 2022 року 4210,26 грн/Гкал з ПДВ, розрахункова економія коштів на теплоспоживання, відносно до рівня базового теплоспоживання за опалювальний період жовтень-березень 2021–2022 рр. $Q_{\text{ф.оп}}=357,324$ Гкал, з урахуванням прийнятої економії у 10%, становить:

$$E_{\text{ф}} = 347,324 \times 0,1 \times 4210,27 = 146232,434 \text{ грн. (з ПДВ).}$$

Вартість всього комплексу обладнання, необхідного для організації та функціонування системи моніторингу становить 35830,8 грн. з ПДВ.

Вартість робіт з монтажу та налагодження системи моніторингу становить 5850,00 грн. з ПДВ.

Простий строк окупності у періодах опалювальних років розраховується тільки відносно базового рівня споживання теплової енергії на опалення (останній звітний період), що є найбільш об'єктивною оцінкою прогнозованої економії енергоресурсів, і буде дорівнювати:

$$T_{\text{ок}}^{\phi} = \frac{K}{E_{\phi}} = \frac{35830,8}{15894,35} = 2,25 \text{ роки}$$

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Характеристика досліджуваного об'єкту

Охорона праці, має величезне значення для працівників, саме вона контролює фізичний стан працівника, що не може не позначитись на його житті, здоров'ї, а також продуктивності праці в усіх галузях. Незадовільний стан охорони праці може викликати соціальноекономічні проблеми працюючих та учнів які відвідують ДНЗ №40 «Дельфін».

У цьому розділі аналізуються небезпеки та шкідливі фактори для людини та навколишнього середовища. Він охоплює, зокрема, технічні рішення для гігієни праці та гігієни навколишнього середовища, технічні рішення для безпеки під час навчання та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Основними потенційними небезпеками при проведенні робіт в дитячому садку №40 є такі:

- небезпека ураження електричним струмом, внаслідок недотримання правил електробезпеки або виходу з ладу електроприладів;
- порушення роботи кістково-м'язового апарату внаслідок тривалих статичних навантажень при роботі з ПК.
- незадовільні ергономічні характеристики робочого місця внаслідок нераціонального планування робочого місця, що може призвести до механічних травм, уражень електричним струмом та порушень кістково-м'язового апарату;
- негативний вплив недостатнього освітлення робочої зони на зір та продуктивність роботи працюючого, внаслідок несправності освітлювальних приладів або неправильного проектування освітлювальної системи;
- негативний вплив незадовільних параметрів повітряного середовища робочої зони на здоров'я працюючого та учнів, внаслідок неправильного проектування системи вентиляції або несправності її несправності;

- небезпека загоряння у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що може призвести до пожежі.

- неправильні дії персоналу у надзвичайних ситуаціях.

Отже, організацією роботи з охорони праці та безпеки життєдіяльності закладу займаються як керівник, так і представники (уповноважені особи) трудового колективу. В закладі організовано:

- заходи (створення комісій з охорони праці та розслідування нещасних випадків, колективних договорів (угод), розробка нормативно-правових документів з охорони праці, нормативних документів з безпеки життєдіяльності, охорона праці працівників, які виконують посадові обов'язки, вимог безпеки життєдіяльності, тощо);

- керівні та методичні заходи (видання та виконання наказів, розпоряджень, приписів, рішень з питань охорони праці, безпеки життєдіяльності); - Психосоціальні заходи (просвітницька та виховна робота з працівниками з питань охорони праці, пропаганда безпечних і нешкідливих умов праці та навчання, встановлення контролю та взаємоконтролю, підвищення трудової та навчальної дисципліни).

4.2 Технічні рішення з гігієни праці та санітарії

4.2.1 Мікроклімат та склад повітря робочої зони

Під мікрокліматом приміщення розуміють клімат навколишнього середовища всередині приміщення, який визначається поєднанням температури, вологості і швидкості руху повітря, а також інтенсивністю дії на організм працівника і теплового випромінювання.

Вибираємо для дитячого садка категорію важкості робіт за фізичним навантаженням – легка Ia [15].

Відповідно допустимі показники температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні для холодного та теплого періодів року приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Допустимі показники мікроклімату в приміщенні

Період року	Категорія робіт	Температура повітря, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний період	Легка Іа	22-24	40-60	0,1
Теплий період	Легка Іа	23-25	40-60	0,1

Повітря робочої зони не повинно містити шкідливих речовин з концентраціями вище гранично допустимих концентрацій (ГДК) в повітрі робочої зони та підлягає систематичному контролю з метою запобігання можливості перевищення ГДК, значення яких наведено в таблиці 4.2 [16].

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин

Назва речовини	ГДК, мг/м ²	Агрегатний стан	Клас небезпеки
Озон	0,1	Пара	4
Оксиди азоту	5	Пара	2
Пил	4	Аерозоль	2

Для встановлення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату і складу повітря робочої зони передбачено такі заходи:

1) у приміщеннях палацу повинна бути розміщена система кондиціонування для теплого і опалення для холодного періодів року;

2) припливно-витяжна система вентиляції, а при несприятливих погодних умовах кондиціонування.

4.2.2 Освітлення

Для забезпечення прийнятних умов на робочих місцях установ і в навчальних закладах важливі вимоги висуваються до якісних і кількісних параметрів освітлення.

З точки зору завдань зорової роботи в місцях виконання адміністративно-виховної роботи ми вважаємо, що вони відповідають IV категорії зорової роботи. Ми вибираємо середній контраст об'єкта до фону та середній показник фону, що відповідає підкатегорії візуальної композиції В [17].

Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) та мінімальні значення освітленості при штучному освітленні наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Нормовані значення КПО і мінімальні освітленості при штучному освітленні

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розгляд зорової роботи	Підрозгляд зорової роботи	Контраст об'єкта розрізнення з фоном	Характеристика фону	Освітленість при штучному освітленні, лк			КПО для бокового освітлення, %	
						Комбіноване		загальне	Природного	Суміщеного
						всього	у т. ч. від загального			
Середньої точності	0,5-1	IV	В	середній	середній	400	200	200	1,5	0,9

З метою забезпечення нормованих значень параметрів освітлення передбачено такі заходи:

1) за недостатнього природного освітлення у світлу пору доби доповнення штучним за допомогою люмінесцентних ламп з утворенням системи суміщеного освітлення;

2) застосування загального штучного освітлення в темну пору доби.

ВИСНОВКИ

Головною метою магістерської роботи було проведення енергетичного обстеження систем енергопостачання, стану будівельних конструкцій приміщення, проведення інструментального обстеження: тепловізійне, проведення розрахунків для отримання результатів для обґрунтування енергозберігаючих заходів для Сумського дошкільного закладу №40 «Дельфін».

В результаті обстеження систем енергопостачання дитячого садочка № 40 були отримані наступні висновки:

1. Під час проведення енергетичного обстеження визначені основні характеристики об'єкту обстеження. Зроблений аналіз обсягів споживання ПЕР за місяцями та роками. Визначені питомі витрати енергоспоживання.

2. За динамікою споживання теплової енергії за періоди з 2019 до 2021 років можна зробити такий висновок, що обсяги споживання тепла в основному будуть залежати від середньої температури зовнішнього повітря за вказаний період.

3. Було проведено інструментальне обстеження будівлі та енергоспоживаючих систем за допомогою такого приладу як: тепловізор. Для аналізу роботи системи опалення оцінювався стан огорожувальних конструкцій будівель (втраати тепла через стіни, двері, ворота, вікна та ін.).

У результаті проведених розрахунків системи енергопостачання будівлі були отримані наступні висновки:

1. Проведено аналітичний розрахунок теплового балансу будівлі ДНЗ № 40 «Дельфін», у результаті якого встановлено, що найбільші втрати теплової енергії відбуваються через стіни, стелю, також незначні втрати були виявлені і в інших місцях.

2. Визначений фактичний рівень споживання теплової енергії, проведено його порівняння з розрахунковим рівнем теплоспоживання

3. Розроблені енергозбережні заходи для заощадження теплової енергії і коштів, а саме:

- Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (стін та суміщеного перекриття).
- Запровадження рекуператора теплоти у систему вентиляції будівлі;
- впровадження системи моніторингу;

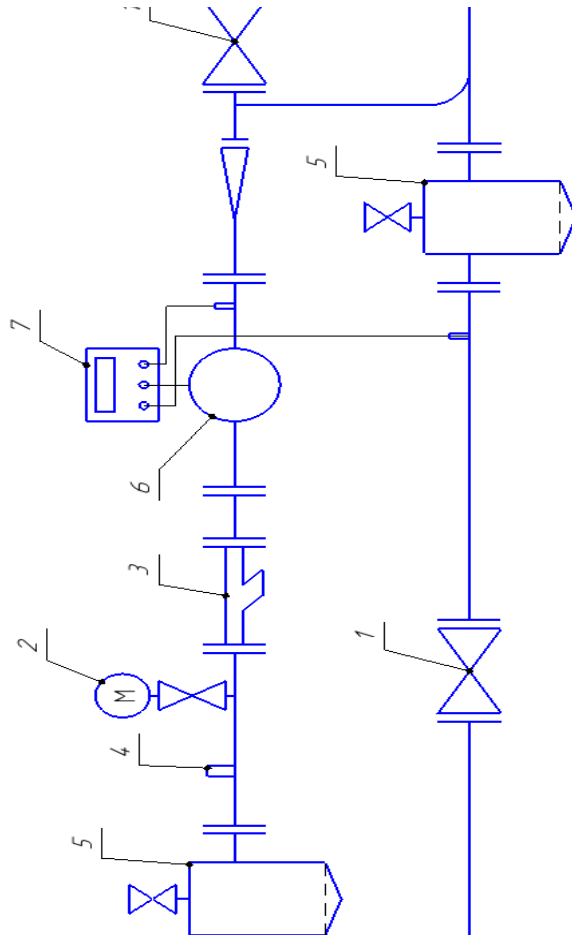
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. [Електронний ресурс] - Електронні текстові дані. - Режим доступу: <http://lib.sumdu.edu.ua/library/docs/rio/2012/m3253.pdf>
2. 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, 2014.
3. Норми витрат електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України. – Затверджено наказом Державного комітету України з енергозбереження № 91 від 25.10.1999 р. – Київ, 1999К.: ВАТ «УкрНДІ-нжпроект», 1999. - 90 с.
4. <http://www.promprylad.com.ua/fluke-ti25.html>
5. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. – К.: Мінрегіон України. –2009.
6. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К. : Мінрегіон України, 2014. – 51 с.
7. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 «Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель». – К. Мінрегіонбуд України, 2016. –47 с
8. Еремкин А. И., Тепловой режим зданий: учебное пособие / А. И. Еремкин, Т. И Королева. – М. : Издательство АСВ, 2000. – 368 с.
9. [Електронний ресурс]: http://rp5.ua/Архив_погоды_в_Сумах.
10. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення енергетичного обстеження» з дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». - Суми: Сумський державний університет, 2014.]:
11. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. – К.: Мінрегіон України. –2009.

12. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення енергетичного обстеження» з дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». - Суми: Сумський державний університет, 2014.]:
13. КТМ 204 України 244-94. Норми та вказівки з нормування витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. Державний комітет України по житлово-комунальному господарству. –Київ, 2001
14. [<https://prana.ua/products/prana150ee/>].
15. [Електронний ресурс]: <https://buklib.net/books/35225/>.
16. [Електронний ресурс]: <https://buklib.net/books/35228/>.
17. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення, 2006.

ДОДАТОК А

Схема теплового пункту ДНЗ № 40 «Дельфін»



и; 2 - манометри; 3 - фільтр; 4 - термометри; 5 - грязьовик; 6 - витратомір; 7 - лі

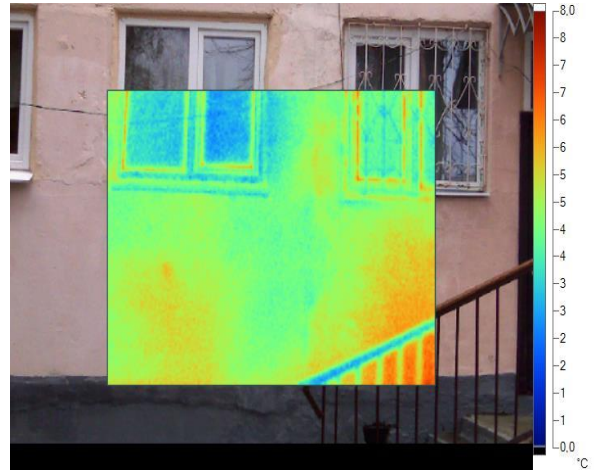
ДОДАТОК Б

Результати тепловізійного обстеження

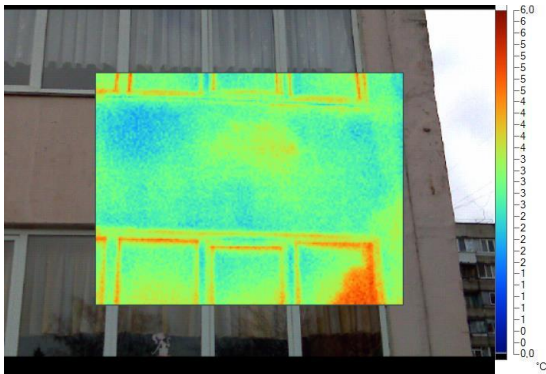
Термограми із зазначенням місць найбільших втрат теплової енергії на об'єкті обстеження (ДНЗ №40)



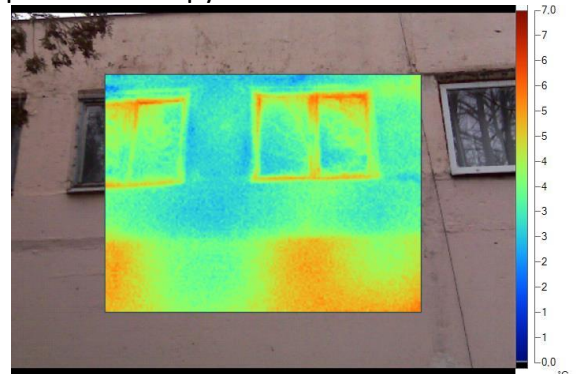
Неякісний монтаж віконних конструкцій, та самі віконні конструкції обумовлюють значні втрати тепла з приміщень. Значні втрати в місцях знаходження приладів опалення.

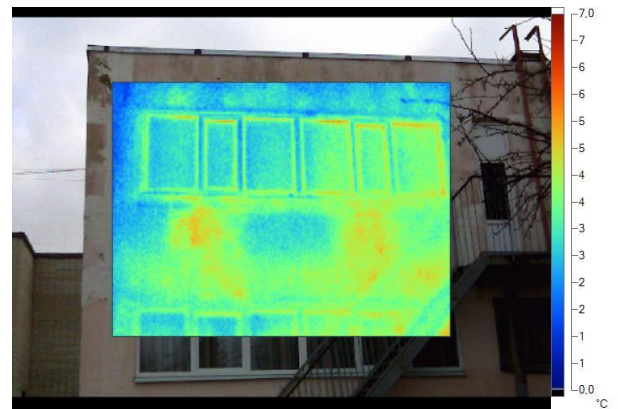
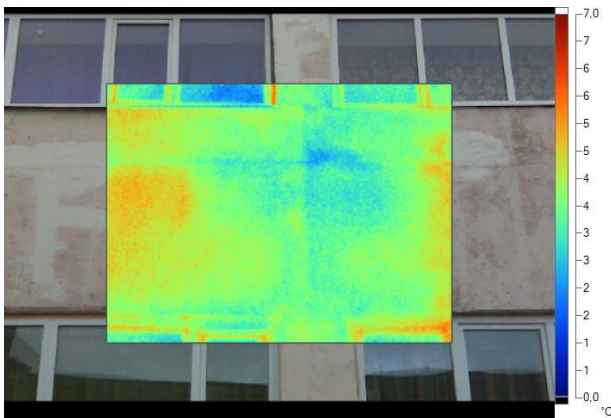
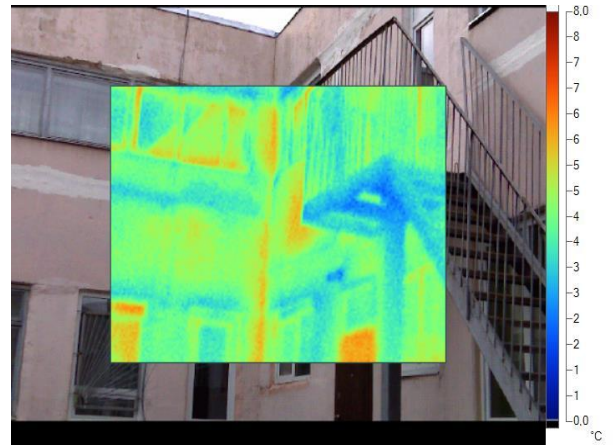
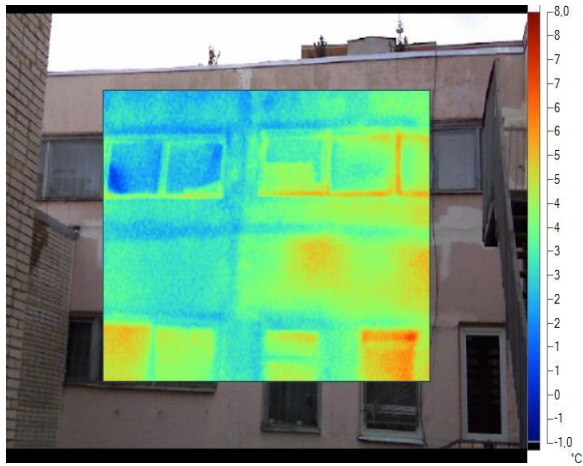


Спостерігається нещільність прилягання віконних рам до стіни, що призводить до тепловтрат. Втрати також відбуваються через зовнішні стіни, що обумовлене втратою її термічного опору.

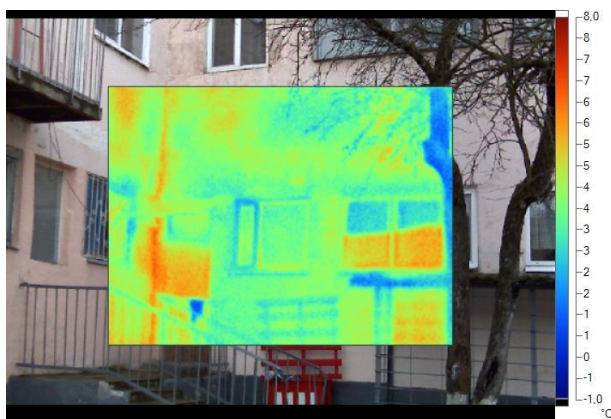


Втрати тепла з приміщення відбуваються через невідповідність опору теплопередачі зовнішньої стіни сучасним нормам.

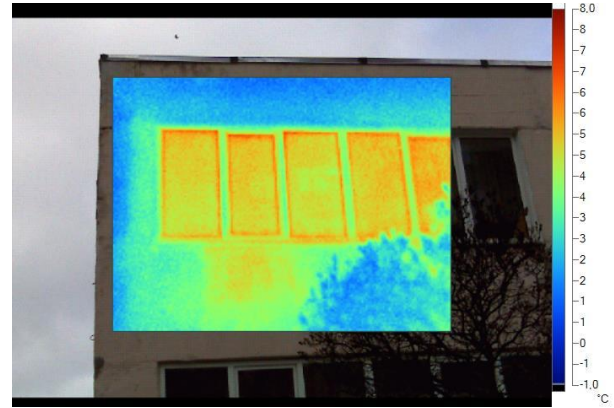
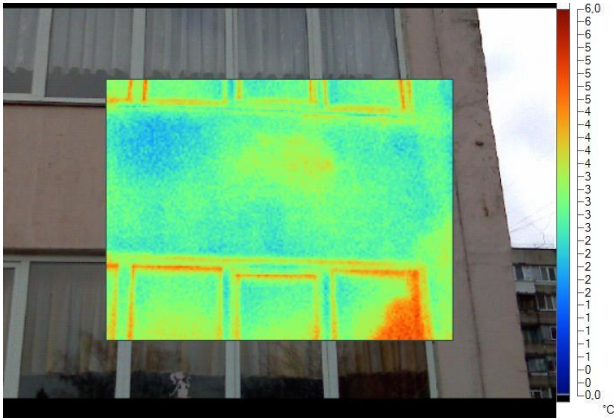




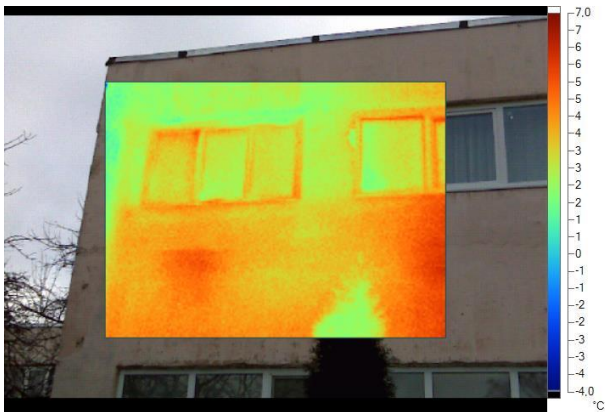
Відбуваються втрати тепла крізь місця стіни де розташовані прилади опалення, що свідчить про значну втрату її опору теплопередачі внаслідок невідповідності нормам значення термічного опору стін.



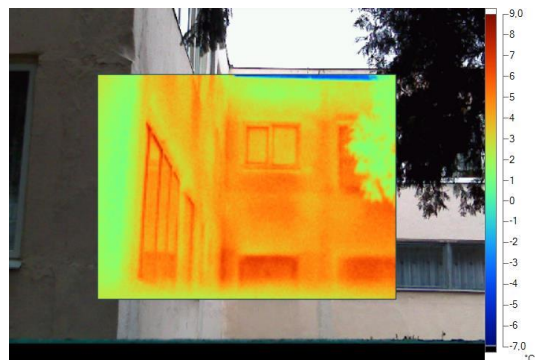
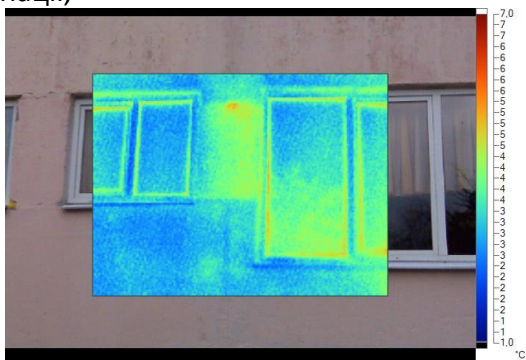
Незадовільний стан застарілої конструкції дерев'яних вікон обумовлює значні втрати тепла з приміщень. Підвищена температура зовнішньої поверхні стіни (особливо у кутовому з'єднанні стін) свідчить про втрату стінами теплозахисних властивостей.

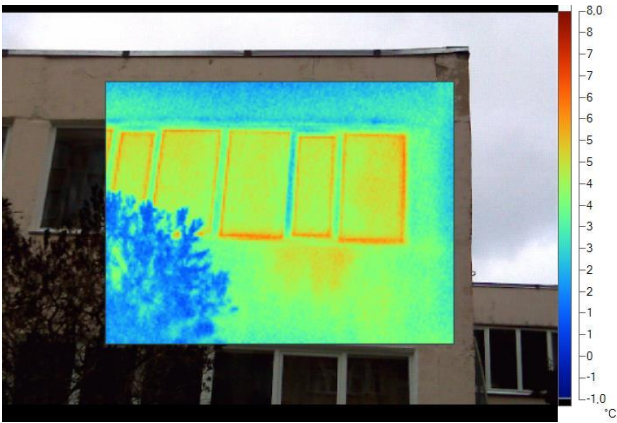


Тепловтрати крізь ділянки прилягання віконної рами до стіни внаслідок неякісного монтажу віконних конструкцій.



Підвищена температура зовнішньої поверхні стіни свідчить про значну втрату її опору теплопередачі та невідповідності сучасним нормам теплового опору стін внаслідок їх зволоження і руйнації,





Тепловізійне обстеження виявило втрати тепла з приміщень, а саме:

- через недопустиму руйнацію огорожувальних конструкцій, а саме, наявність стінових тріщин є причиною інтенсивного зволоження і промерзання стін;
- підвищена температура зовнішньої поверхні стіни свідчить про часткову втрату стінами теплозахисних властивостей;
- відбуваються втрати тепла крізь місця стіни де розташовані прилади опалення.