

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему: «Підвищення ефективності роботи системи теплопостачання
будівлі ДНЗ №32 "Ластівка" м.Суми»

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»

за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи

Нагорний А.О

(прізвище і ініціали)

(підпис студента)

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

Випускна робота
захищена на засіданні
ЕК з оцінкою

Керівник роботи

(підпис)

Антоненко С.С.

(прізвище і ініціали)

доцент каф. ПГМ

(наукова ступінь, звання або посада)

“ _____ ” _____ 20__ р.

Секретар комісії

(підпис)

Суми 2021

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 54 с., 4 таблиці, 5 рисунків, 6 додатків, 16 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 енергозбережних заходів.

Об'єкт дослідження – будівля ДНЗ №32.

Предмет дослідження – системи енергопостачання та енергоспоживання будівлі ДНЗ №32 «Ластівка».

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

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ, ТЕПЛОВІЗІЙНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ТЕПЛОВТРАТИ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИЙ ЗАХІД, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕФЕКТИВНІСТЬ.

Тема роботи – Підвищення ефективності роботи системи теплопостачання будівлі ДНЗ №32 "Ластівка" м.Суми

ЗМІСТ

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

РЕФЕРАТ

ВСТУП.....5

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ.....6

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження6

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження.....7

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта8

1.3.1 Система опалення8

1.3.2 Система електропостачання.....8

1.3.3 Система водопостачання.....9

1.3.4 Система вентиляції.....9

1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв9

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду10

1.4 Опис методів та приладів вимірювання.....10

2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ12

2.1 Аналіз споживання енергоносіїв та води12

2.1.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії.....12

2.1.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії13

2.1.3 Аналіз обсягів споживання води14

2.2 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності.....15

2.2.1 Визначення питомих величин рівня енергоефективності15

2.2.2 Визначення рівня величин енергетичних показників17

2.2.3 Визначення видів тепловтрат будівлі.....20

2.2.4 Розрахунковий аналіз рівня теплоспоживання.....20

2.3 Аналіз балансу витрат на енергоспоживання.....25

3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ26

3.1 Опис можливих енергозбережних заходів26

3.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозбережних заходів28

3.2.1 Утеплення огорожувальних конструкцій будівлі28

3.2.2 Запровадження рекуператора теплоти у систему вентиляції будівлі ...33

3.2.3 Впровадження автоматизованої системи моніторингу та

короткотермінового прогнозування теплоспоживання будівлею.....41

ВИСНОВКИ.....42

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ43

ДОДАТОК А – Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.....45

ДОДАТОК Б – Результати тепловізійного обстеження.....48

					6.144.05 ПР			
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата				
Розроб.		Нагорний			Підвищення ефективності роботи системи тепlopостачання будівлі ДНЗ №32 "Ластівка" м.Суми	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Антоненко					3	54
Н. контр.		Антоненко				СумДУ ЕМ-71		
Затв.								

ДОДАТОК В – Схема теплового пункту	51
ДОДАТОК Г	52
ДОДАТОК Д	53
ДОДАТОК Е	54

						Аркуш
						4
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Енергетичний аудит (енергетичне обстеження) – це обстеження підприємств різної сфери 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.

Енергетичний аудит проводять незалежні особи (енергоаудитори) або ж фірми, які уповноважені на це господарськими об'єктами. Він може проводитися за ініціативою суб'єктів, а також у випадках, передбачених законодавством [1-3].

Енергоаудит відіграє ключову роль у ефективному використанні енергії в промисловості, в побуті, а також у сфері послуг. Він є інструментом для повної оцінки споживання паливно-енергетичних ресурсів, створення управлінських впливів, а також і для оцінки того, на скільки ці впливи є ефективними. Таким чином, енергетичний аудит (енергетичне обстеження) – постійно діючий механізм беззупинного спостереження за станом об'єкта, який експлуатується, перевірка, ревізія до якогось даного еталона.

Основною метою енергетичного аудита є пошук можливостей енергозбереження і допомога господарським суб'єктам у визначенні напрямків ефективного енергозбереження.

Об'єктом енергетичного аудиту є Сумський дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) №32 «Ромашка», що знаходиться за адресою вул. Декабристів, 76, м. Суми, Сумська область, 40013.

Призначенням даного енергетичного аудиту: оцінка рівня ефективності та реального стану систем постачання енергоресурсів на ДНЗ№32 з метою скорочення їх втрат. Методом дослідження дошкільного навчального закладу є обстеження поточного стану будівлі за допомогою приладів вимірювання енергетичних даних.

						Аркуш
						5
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Сумський дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) № 32 „Ластівка” є дошкільним навчальним закладом комунальної форми власності загальнорозвиваючого типу для дітей віком від одного до шести (семи) років (далі - дошкільний заклад) та неприбутковою установою.

Повна назва дошкільного закладу - Сумський дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) № 32 „Ластівка” м. Суми, Сумської області. Скорочена назва дошкільного закладу - Сумський ДНЗ № 32 м. Суми.

Засновником дошкільного закладу є Сумська міська рада, а уповноваженим ним органом - управління освіти і науки Сумської міської ради.

Дошкільний заклад у своїй діяльності керується Конституцією України, Законами України "Про освіту", "Про дошкільну освіту", Положенням про дошкільний навчальний заклад України, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 12 березня 2003 р. № 305, іншими нормативно-правовими актами, власним Статутом.

Дошкільний заклад є юридичною особою, має гербову печатку і штамп встановленого зразка, бланки з власними реквізитами, реєстраційні рахунки, спеціальні реєстраційні рахунки за власними надходженнями в органах Державного казначейства.

Головною метою дошкільного закладу є забезпечення реалізації прав громадян на здобуття дошкільної освіти, задоволення потреб громадян у нагляді, догляді та оздоровленні дітей, створення умов для їх фізичного, розумового і духовного розвитку.

Діяльність дошкільного закладу направлена на реалізацію основних завдань дошкільної освіти: збереження та зміцнення фізичного і психічного, духовного здоров'я дітей; формування їх особистості, розвиток творчих

						Аркуш
						6
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

здібностей, інтересів та нахилів; забезпечення соціальної адаптації та готовності продовжувати освіту, надання платних послуг пов'язаних з розробкою та виданням методичної та навчальної літератури; надання інших освітніх ,а також інших послуг, що не суперечать чинному законодавству.

1.2 Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Сумський дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) № 32 «Ластівка» підпорядковується Управлінню освіти і науки Сумської міської ради та повністю утримується за рахунок коштів місцевого бюджету. Будівля розташована за адресою: вул. Декабристів, 76, м. Суми, Сумська область, 40013.

У закладі працює 48 працівників та виховується 146 дітей. Будівля сумського ДНЗ №32 площею забудови 731,9 м² складається з двох поверхів та підвального приміщення.

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

Загальний стан будівлі дошкільного навчального закладу є задовільним. На стінах будівлі не виявлено явних пошкоджень. Деякі старі дерев'яні вікна замінені на металопластикові з однокамерним склопакетом. Будівля має шість входів (чотири центральних та два службових), кожен з яких виконано у вигляді тамбуру, що зменшує тепловитрати через відкривання дверей. Оскільки в усіх приміщеннях вентиляційні решітки заклеєні шпалерами - стан вентиляції є незадовільним. З цього можна зробити висновок, що вентиляція у приміщенні відбувається тільки завдяки нещільності віконних прорізів.

Для підтримання комфортної температури внутрішнього повітря у приміщеннях з великими об'ємами вимагає більших витрат теплової енергії. Відсутність утеплення у закладі призводить до того, що температура повітря у

						Аркуш
						7
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

деяких групах на останньому поверсі значно нижча, ніж у групах першого поверху, та не відповідає нормативним показникам.

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

1.3.1 Система опалення

Теплопостачання Сумського ДНЗ № 32 здійснюється централізовано згідно договору про надання послуг з централізованого опалення, який укладено з ТОВ «Сумитеплоенерго» договір 1779-Т від 03.08.2020 року..

Ввід теплової мережі передбачений до теплового пункту (див. Додаток В), розміщеного у підвальному приміщенні 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 теплової енергії сталеві, неповністю ізольовані.

Система теплової мережі дошкільного навчального закладу двотрубна з нижньою розводкою; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – горизонтальна. Магістральні трубопроводи до будівлі, прокладені під землею та під'єднуються в теплому пункті до головних подавальних трубопроводів.

В якості опалювальних приладів використовуються конвективні чавунні секційні радіатори типу МС-140. Опалювальні прилади розташовані під вікнами в кожному приміщенні. Доступ до опалювальних приладів обмежений, закритий дерев'яними решітками.

Опалювальна площа будівлі закладу – 1228,30 м².

Опалювальний об'єм закладу – 3684,9 м³.

Заклад щомісячно отримує акт прийому-передачі теплової енергії, та рахунок за спожиту теплову енергію. Оплата за спожиту теплову енергію здійснюється до кінця розрахункового місяця.

Основними завданнями персоналу, що обслуговує тепловий пункт є :

						Аркуш
						8
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- нагляд за технічним станом устаткування, його роботою, регулювання;
- зняття показань лічильника;
- спостереження за параметрами теплоносія з метою забезпечення надійного і якісного теплопостачання, раціонального використання енергії.

1.3.2 Система електропостачання

Постачальником електроенергії до будівлі є ТОВ «Енера-Суми». Електропостачання відбувається від трансформаторної підстанції, що знаходиться неподалік будівлі. Живлення струмоприймачів здійснюється по кабельній лінії 3×120 мм з напругою 220 В. Електроспоживання у ДНЗ №32 йде на систему освітлення та систему технічного електрообладнання будівлі.

1.3.3 Система водопостачання

Водопостачання та водовідведення будівлі здійснюється централізовано комунальним підприємством «Міськводоканал». Вода до будинку подається по металевій трубі Ø 50 мм. Водовідведення відбувається по металевій трубі Ø 150 мм до каналізаційної мережі.

1.3.4 Система вентиляції

Вентиляція призначена для створення та підтримання допустимих параметрів повітря у кімнатах будівлі.

Стан вентиляційної системи є незадовільним, оскільки майже в усіх приміщеннях вентиляційні решітки заклесні шпалерами. Таким чином вентиляція у приміщенні відбувається лише завдяки нещільності віконних прорізів та за рахунок природної вентиляції.

						Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв

Всі засоби обліку спожитих енергоресурсів та води закладу визнано придатними до застосування на підставі результатів проведених повірок.

Дати останніх повірок лічильників:

- повірка лічильника тепла – 22 лютого 2017 року;
- повірка лічильника води – 6 червня 2019 року;

Повірку проведено ДП «Сумський регіональний виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації».

У вузлу обліку теплової енергії за технічними умовами передбачено встановлення лічильника тепла CALMEX КОМПАКТ МХ Qn 10,0 Dn 40 марки PREMEX.

У вузлу обліку споживання гарячої води за технічними умовами передбачено встановлення лічильника тепла CALMEX КОМПАКТ МХ Qn 6,0 Dn 25 марки PREMEX. До складу теплोलічильника входять термометри опору Pt 500.

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

Тепла енергія: 1559,67 грн/Гкал з ПДВ;

Електроенергія: 1,68 грн/кВт·год;

Холодна вода: 13,75 грн/м³;

Водовідведення: 13,36 грн/м³;

					Аркуш
					10
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

1.4 Опис методів та приладів вимірювання

В ході виконання роботи було проведено повне тепловізійне обстеження огорожувальних конструкцій будівлі. Для цього був використаний тепловізор.

Мета тепловізійного обстеження – виявлення місць найбільших тепловтрат у будівлі ДНЗ № 32

Тепловізор (інфрачервона камера) - оптико-електронний вимірювальний прилад, що працює в інфрачервоній області електромагнітного спектра, який "переводить" у видиму область спектра власне теплове випромінювання людей або техніки. Тепловізор може використатися як прилад для безконтактного вимірювання температури об'єктів температурних полів [17].

Тепловізійне обстеження будівлі Сумського дошкільного навчального закладу (ясла-садок) № 32 "Ластівка" м. Суми, Сумської області було проведено 18 лютого 2021 року з використанням тепловізору FlukeTi25. На момент проведення тепловізійного обстеження температура навколишнього середовища становила -10°C . Середня температура всередині приміщень становила 22°C .

У звіті надані термограми, які найбільш наочно демонструють типові проблемні місця будівлі (див. Додаток Б). У зазначеному додатку наведені термограми, які показують типові проблеми по тепловтратам, що притаманні майже всім огорожувальним конструкціям. Під час тепловізійного обстеження було зроблено 10 термограмм.

						Аркуш
						11
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

2 КОМПЛЕКСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

2.1 Аналіз споживання енергоносіїв та води

2.1.1 Аналіз обсягів споживання теплоенергії

На рисунку 2.1 приведена динаміка споживання теплової енергії будівлею за 2018–2020 роки та частково за 2021 рік.

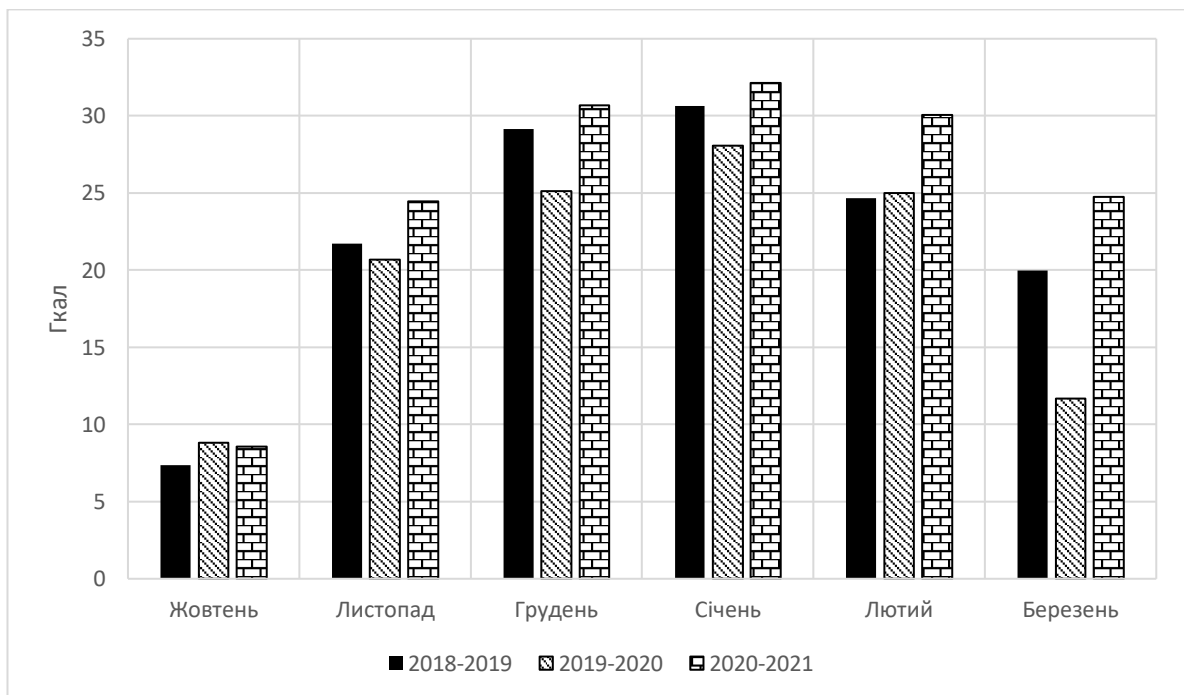


Рисунок 2.1 – Динаміка споживання теплової енергії будівлею за 2018–2021 роки

З діаграми споживання теплової енергії видно, що максимум споживання теплової енергії на опалення припадає на грудень, січень і лютий, а мінімум – квітень та жовтень. Нерівномірність теплоспоживання у

відповідні періоди кожного року пов'язана з різною температурою довкілля та неналежним керуванням режимами роботи системи теплопостачання будівлі.

2.1.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії

На рисунку 2.2 приведена динаміка споживання електроенергії будівлею за 2018–2020 роки.

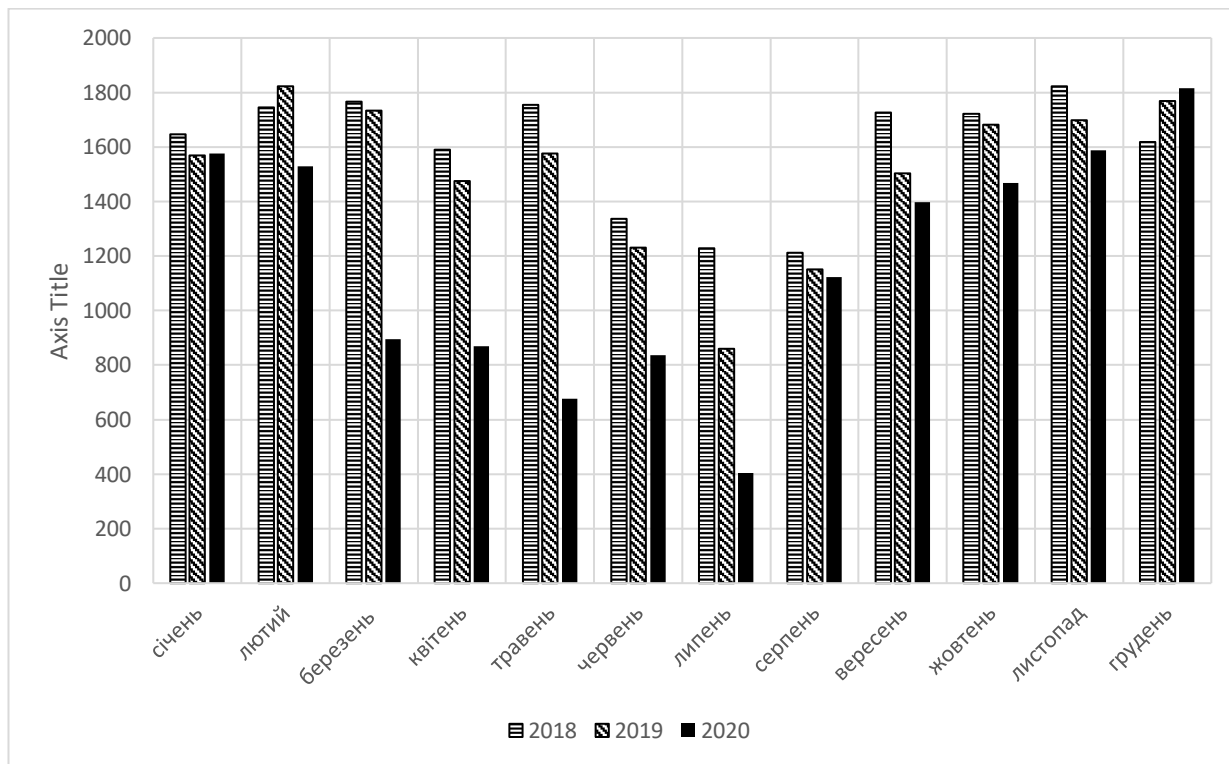


Рисунок 2.2 – Динаміка споживання електроенергії будівлею за 2018–2020 роки

Із діаграми споживання електроенергії в будівлі видно, що ДНЗ №32 в теплі місяці споживає менше світла ніж в холодну пору року, це зумовлено зменшенням використання світла по всій будівлі, через значно меншу кількість вихованців в дитячому садочку та меншу кількість працівників. Також причиною зниження використання електроенергією в літні часи, являється збільшення світлового дня. Також з введенням карантину в 2020 року, в разі зменшили ліміти на використання всіх енергоресурсів. І із-за цього зменшилось споживання за 2020 рік.

2.1.3 Аналіз обсягів споживання води

На рисунку 2.3 приведена динаміка споживання холодної води будівлею за 2018–2020 роки.

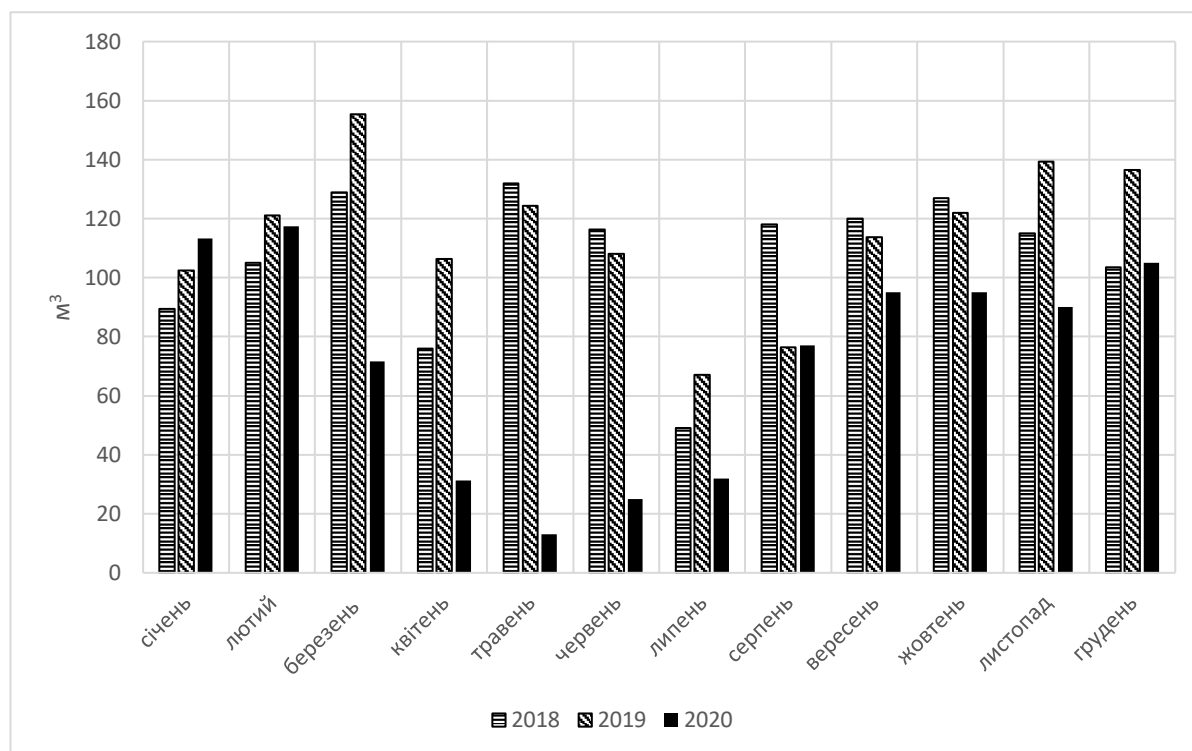


Рисунок 2.3 – Динаміка споживання холодної води будівлею за 2018–2020 роки

З діаграми споживання холодної води видно, що витрата води у будівлі залежить від розкладу занять та графіку, основну кількість холодної води заклад споживає в учбовий період року. Нерівномірність споживання води пов'язана з заданими лімітами на споживання води. Також з введенням карантину в 2020 року, в разі зменшили ліміти на використання всіх енергоресурсів. І із-за цього зменшилось споживання за 2020 рік.

2.2 Розрахунковий аналіз показників енергоефективності

2.2.1 Визначення питомих величин рівня 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, електроенергії та холодної води 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 [2, 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 [2, п.5.1]:

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

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

EP_{\max} – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі за опалювальний період, кВт год/м³ [2, п.5.3].

						Аркуш
						15
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Нормативна питома енергопотреба для будинків та споруд дитячих дошкільних закладів першої температурної зони становлять [2, 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 2018–2019 рік – $Q_{оп} = 133,52$ Гкал;
- опалювальний період 2019–2020 рік – $Q_{оп} = 119,38$ Гкал;
- опалювальний період 2020–2021 рік – $Q_{оп} = 150,62$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- опалювальний період 2018–2019 рік – $EP = 0,036$ Гкал/м³;
- опалювальний період 2019–2020 рік – $EP = 0,032$ Гкал/м³;
- опалювальний період 2020–2021 рік – $EP = 0,040$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними опалювальними періодами становить – $EP = 0,036$ Гкал/м³.

За результатами порівняння фактичних і нормованих показників із споживання теплової енергії можна зробити наступний висновок, а саме:

Отриманий результат за роками по будівлі майже відповідає нормативній умові (2.2). Але, враховуючи результати енергетичного обстеження, треба зазначити, що за причиною дотримання встановлених для будівлі лімітів по теплоспоживанню, регулювання відбору теплоти відбувається у ”ручному” змінні режиму роботи вузла тепlopункту, тобто здійснюється вимушене зменшення обсягів споживання теплоти; при цьому відбувається нерівномірне прогрівання приміщень закладу, що призводить до використання додаткових

						Аркуш
						16
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

$R_{\Sigma пр}$, $m^2 \cdot K/Вт$ 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 $3^{\circ}C$ та більше, обов'язкове виконання умови [4]:

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

Де $R_{\Sigma пр}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огорожувальної конструкції чи непрозорої частини огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Вт$;

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

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,

						Аркуш
						17
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

тепловологісного режиму внутрішнього середовища [4].

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) [4].

Приведений опір теплопередачі $R_{\Sigma np}$, м²·К/Вт, для непрозорої огорожувальної конструкції при перевірці виконання умови за формулою (2.3) розраховується за формулою:

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_3}, \quad (2.5)$$

де: α_B , α_3 – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К) [4];

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових

умовах експлуатації, Вт/(м²·К) [4];

n – кількість шарів в конструкції за напрямком теплового потоку;

R_i – термічний опір i -го шару конструкції, згідно формули (2.4), м²·К/Вт.

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

					Аркуш
					18
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

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

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Тепло- провідність $\lambda_i, \frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma_{np}}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$		$R_{q \min}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
1	Стіни	Кладка з цегли звичайної на цементно- піщаному розчині	0,51	0,81	0,83		3,3
		Цементно-піщана штукатурка	0,03	0,81			
2	Суміщене покриття	Залізобетонна плита	0,22	1,92	1,56		5,35
		Керамзит	0,15	0,12			
		Бітум	0,009	0,27			
3	Вікна	Металопластикові з однокамерним склопакетом	-	-	0,4	0,3	0,75
		Дерев'яні	-	-	0,2		
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	1,92	0,37		3,75
		Розчин цементно- піщаний	0,04	0,81			
		Лінолеум ПВХ	0,002	0,35			

Отримані результати ($R_{\Sigma_{пр}} \ll R_{q_{\min}}$) свідчать про невідповідність дійсного опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій нормативним вимогам [2, табл.3]. Це вказує на незадовільні теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій, та вимагає впровадження енергозберіжних заходів щодо збільшення їх опору теплопередачі.

2.2.3 Визначення видів тепловтрат будівлі

Таблиця 2.2 – Величини тепловтрат по будівлі

Види тепловтрат	Втрати теплоти, кВт	%
Через стіни	27,8	21,8
Через вікна	28,9	22,6
Через підлогу	21,9	17,2
Через стелю	26,4	20,7
Через двері	3	2,3
Втрати через огорожувальні конструкції	4,9	3,8
На інфільтрацію через вікна і двері	14,6	11,6
Разом	127,5	100

З отриманої таблиці можна оцінити співвідношення величин тепловтрат у ДНЗ №32. Найбільші тепловтрати це тепловтрати через вікна, стіни та стелю, тобто огорожувальні конструкції, що вже досить застарілі й мають незадовільний стан та погано утримують тепло в будівлі.

Встановлені фактори найбільших величин тепловтрат обумовлюють запровадження першочергових заходів щодо їх зменшення.

2.2.4 Розрахунковий аналіз рівня теплоспоживання

						Аркуш
						20
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для оціночного аналізу теплової характеристики обстежуваної будівлі 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 [10], Вт/м³·°С, за дійсними параметрами стану огорожувальних конструкцій (див. таблиця 2.1):

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

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 теплова потужність будівлі за збільшеними показниками, яка можлива для даної будівлі, кВт, за опалювальний період [10]:

					Аркуш
					21
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$Q_6 = a \cdot q_{\text{пит}}^{\phi} \cdot V_6 \cdot (t_B - t_{3.p}) \cdot 10^{-3}, \quad (2.7)$$

де V_6 – зовнішній об'єм будівлі в межах опалювальних приміщень, м³;

t_B – температура по приміщеннях будівлі, °С [1, табл.В.2];

$t_{3.p}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для міста, де розташована будівля, °С [11];

a – поправковий коефіцієнт, за розрахунком дорівнює 1,01 [10];

Фактична питома опалювальна характеристика будівлі

$$q_{\text{пит}}^{\phi} = \frac{134,74}{731,9} \cdot \left(\frac{1}{0,83} + 0,36 \cdot \left(\frac{1}{0,3} - \frac{1}{0,83} \right) \right) + \frac{1}{6} \cdot \left(0,9 \cdot \frac{1}{1,56} + 0,6 \cdot \frac{1}{0,37} \right) = 0,75 \text{ Вт/м}^3 \cdot ^{\circ}\text{С}$$

Максимальна розрахункова теплова потужність будівлі

$$Q_6 = 1,01 \cdot 0,75 \cdot 3684,9 \cdot (22 - (-25)) \cdot 10^{-3} = 156 \text{ кВт}$$

Розрахунковий рівень теплової енергії на опалення будівлі за визначеним періодом, Гкал, в умовах запровадження режиму чергового опалення визначається, як:

$$Q_{p.op} = \frac{Q_6}{(t_B^{cp} - t_{3.p})} \cdot [(t_B^{cp} - t_{cp.n}) \cdot (n_{op} - n_{np}) + (t_{чepг} - t_{cp.n}) \cdot n_{np}] \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} \quad (2.8)$$

де t_B^{cp} – осереднена температура по приміщеннях будівлі, °С;

$t_{3.p}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря [11], °С;

$t_{cp.n}$ – середня температура зовнішнього повітря за відповідний період, де розташована будівля, °С [11];

					Аркуш
					22
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$t_{\text{черг}}$ – чергова температура повітря у приміщенні у неробочий час (приймається як для житлових приміщень – $t_{\text{черг}} = 15^{\circ}\text{C}$);

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

$n_{\text{нр}}$ – кількість неробочих годин за опалювальний період (рік), год/рік:

$$n_{\text{нр}} = (n_{\text{оп}} - n_{\text{вих}}) \cdot (24 - n_{\text{р}}) + 24 \cdot n_{\text{вих}}$$

де $n_{\text{вих}}$ – кількість вихідних та святкових днів за відповідний період опалення;

$n_{\text{р}}$ – кількість годин за робочу добу коли не застосовується чергове опалення.

Розрахункова величина теплової енергії, яка потрібна була для опалення всієї будівлі за опалювальний період 2020–2021 року (120 днів, 2880 год), при умові дотримання температурного режиму у системі теплопостачання, та середній температурі за опалювальний сезон (01.11.2020 – 28.02.21) $-2,7^{\circ}\text{C}$ [12] буде становити:

$$n_{\text{нр}} = (120 - 35) \cdot (24 - 12) + 24 \cdot 35 = 1860 \text{ год}$$

$$Q_{\text{р.оп}} = \frac{156}{(22 - (-25))} \cdot [(22 - (-2,7)) \cdot (2880 - 1860) + (17 - (-2,7)) \cdot 1860] \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 176,9 \text{ Гкал}$$

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 (2.8):

$$Q_{\text{р.оп}} = \frac{156}{(22 - (-25))} \cdot [(22 - 0) \cdot (24 - 12) + (17 - 0) \cdot 12] \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 1,24 \text{ Гкал}$$

					Аркуш
					23
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

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 (див. табл. 2.3). При впровадженні системи моніторингу за базову величину теплоспоживання необхідно прийняти розрахункову – 1,24 Гкал за добу.

Таблиця 2.3 – Фактичні дані величин спожитої теплової енергії при середньодобовій температурі зовнішнього повітря яка дорівнює нуль градусів за шкалою Цельсія

Опалювальний рік 2020-2021		
Дата доби	Обсяг теплоспоживання, Гкал	Температура теплоносія, °С
11.11.2020	0,762	52
13.11.2020	0,822	54
01.12.2020	1,005	59
15.12.2020	0,929	57
17.12.2020	1,145	61
06.01.2021	1,082	60
25.02.2021	1,060	58

Згідно наданих облікових даних по закладу за прийнятий базовий порівняльний опалювальний період 2020–2021 року, фактичні обсяги теплоспоживання на опалення становлять $Q_{ф.оп}=150,62$ Гкал. Фактична величина є меншою від необхідної розрахункової на 15%

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

					Аркуш
					24
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

а також із-за некоректного регулювання обсягу теплонадходження за допомогою вентиля, який встановлений у теплопункті на вході в систему тепlopостачання будівлі.

Встановлено такий факт, що 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 теплопункт, які при середньодобовій температурі зовнішнього повітря нуль градусів за шкалою Цельсія дорівнюють у середньому значенні $57,3^{\circ}\text{C}$ (див. таблиця 2.3).

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 2.4.

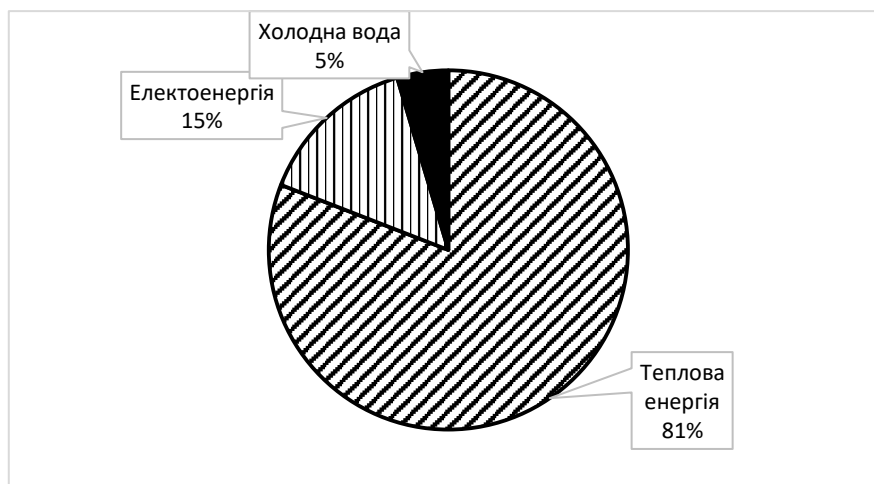


Рисунок 2.4 – Діаграма співвідношення витрат коштів на споживання енергоресурсів

Проаналізувавши діаграму на рисунку 2.4, можна зробити висновок, що найбільше витрат іде на споживання теплової енергії. Тому, першочерговим напрямком впровадження енергозберігаючих заходів щодо економії витрат на експлуатацію будівлі є заходи з раціонального використання теплової енергії.

						Аркуш
						26
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ

3.1 Опис можливих енергозбережних заходів

За результатами проведених робіт енергетичного обстеження будівлі ДНЗ № 32 м. Суми, було зроблено основний висновок – що найбільші тепловитрати при експлуатації обстежуваного об'єкту припадають на споживання теплової енергії. Енергетична ефективність будівлі з позиції збереження теплової енергії є низькою. Враховуючи отримані результати за попередні етапи енергетичного обстеження, які вказують на основні причини зменшення енергетичної ефективності будівель, були розроблені першочергові енергозбережні заходи з метою зменшення витрат на споживання ПЕР.

Розроблені енергозбережні заходи, які надаються до розгляду, враховують всі потенційні можливості до запровадження у ДНЗ № 32:

1) Утеплення огорожувальних конструкцій.

Огорожувальні конструкції навчального закладу мають недостатній опір теплопередачі (див. табл. 2.1), тому крізь них втрачається значна частина теплової енергії. Аналіз балансу втрат теплової енергії показує, що велика частка втрат тепла припадає на тепловтрати, такі як зовнішні стіни, суміщене перекриття та віконні і дверні отвори. Додаткове утеплення огорожувальних конструкцій здатне значно скоротити тепловтрати загалом у навчальному закладі, і відповідно, зменшити потужність системи опалення та фінансові витрати за спожиту теплову енергію. При цьому фасад будівлі буде мати оновлений та естетичний вигляд.

2) Запровадження рекуператора теплоти у систему вентиляції будівлі.

Рекуперація тепла системи вентиляції – процес повернення частини тепла з відпрацьованого витяжного повітря припливному. Тепле повітря, що

						Аркуш
						27
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

виводиться з приміщення, в теплообміннику віддає більшу частину свого тепла холодному повітрю, що надходить з вулиці. Завдяки цьому процесу на вулицю виходить охолоджене повітря, а у приміщення надходить свіже нагріте повітря. Це дозволить значно заощадити на електро- або тепловій енергії, що іде на нагрівання повітря у приміщеннях будівлі та вирішить проблему з недостатньою вентиляцією приміщень.

3) Впровадження автоматизованої системи моніторингу та короткотермінового прогнозування теплоспоживання будівлею

Така система апробована у м. Суми і дає можливість у режимі «on-line» контролювати реальне теплоспоживання будівлею, виключаючи «людський фактор» керування системою тепlopостачання. Запровадження системи диспетчеризації надає можливість максимально заощаджувати на споживанні теплової енергії за рахунок узгодження дійсних потреб у тепловій енергії з її виробництвом у котельнях. Принципова схема організації обліку та моніторингу теплової енергії з переліком необхідного для цього обладнання зображена на рис 3.1.

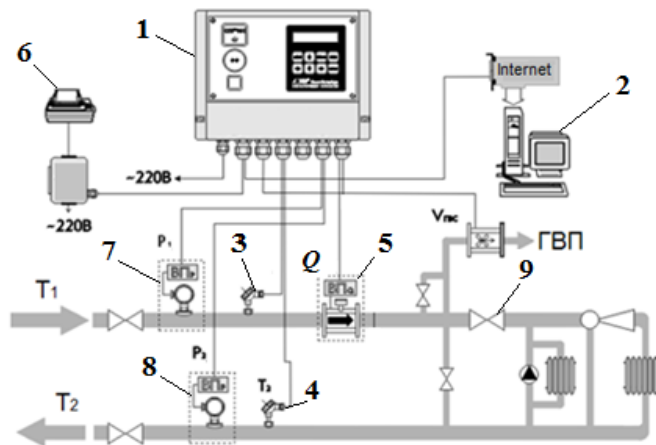


Рисунок 3.1 – Принципова схема організації обліку та моніторингу теплової енергії.

1 – теплолічильник; 2 – комп'ютеризоване робоче місце з моніторингу теплоспоживання; 3 – пристрій контролю температури на вході до системи тепlopостачання будівлі; 4 – пристрій контролю температури на виході з системи тепlopостачання будівлі; 5 – лічильник витрати теплоносія; 6 –

пристрій (модем) для передавання даних в Інтернет; 7, 8 – пристрої з контролю тиску відповідно на вході та виході з системи теплопостачання будівлі; 9 – вентиль на лінії подавання теплоносія до будівлі.

3.2 Розрахунковий аналіз можливих енергозберезних заходів

3.2.1 Утеплення огорожувальних 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 огорожувальних конструкцій з нормативними вимогами (див. табл. 3.1), 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 огорожувальних конструкції спеціальними теплоізоляційними матеріалами. При запровадженні утеплення огорожувальних 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 $\delta_{ут}$ для утеплення огорожувальної конструкції проводиться за формулою [4]:

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

де $\lambda_{ут}$ – теплопровідність теплоізолюючого матеріалу, Вт/(м·К) [2, 4];

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

						Аркуш
						29
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

R_{qmin} – нормативний опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $m^2 \cdot K/Wt$ [2].

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

Для розрахунку необхідної товщини теплоізоляційного шару зовнішніх стін, обираємо теплоізоляційний матеріал – базальтова вата з величиною коефіцієнта теплопровідності $\lambda_{ут} = 0,04$ Вт/(м·К):

Товщина теплоізоляції зовнішніх стін становить:

$$\delta_{ут} = [3,3 - 0,83] \cdot 0,04 = 0,098 \text{ м}$$

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) [5].

Визначення необхідної товщини теплоізоляційного шару для перекриття суміщеного покриття будівлі:

$$\delta_{ут} = [5,35 - 1,56] \cdot 0,04 = 0,15 \text{ м}$$

Найближча більша товщина зі стандартних значень товщини плит з базальтової вати – 0,15 м. Обирається теплоізоляційний матеріал – базальтова вата марки ТЕХНОФАС (1200×600×100 мм) [5] та ТЕХНОФАС (1200×600×50 мм) [6].

Тепловтрати через огорожувальну конструкцію будівлі, Вт, що потрібно утеплити, визначають за загальною формулою [4]:

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

					Аркуш
					30
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

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

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

t_b, t_3 – відповідно температури усередині приміщення і зовнішнього повітря, °С;

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

Тепловтрати через стіни будівлі до утеплення:

$$Q_{стн1} = \frac{491,55}{0,83} \cdot (22 - (-25)) \cdot 1 = 27,8 \text{ кВт}$$

Тепловтрати через стіни будівлі після утеплення:

$$Q_{стн2} = \frac{491,55}{3,3} \cdot (22 - (-25)) \cdot 1 = 7 \text{ кВт}$$

Тепловтрати через стелю будівлі до утеплення:

$$Q_{стл1} = \frac{611,13}{0,37} \cdot (22 - (-25)) \cdot 1 = 26,4 \text{ кВт}$$

Тепловтрати через стелю будівлі після утеплення:

$$Q_{стл2} = \frac{611,13}{5,35} \cdot (22 - (-25)) \cdot 1 = 5,3 \text{ кВт}$$

					Аркуш
					31
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

Економія витрат теплоти після утеплення зовнішньої огорожувальної конструкції розраховується за формулою [4]:

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

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:

$$\Delta Q_{\text{огр}} = (27,9 - 7) + (26,4 - 5,3) = 42 \text{ кВт}$$

Визначення річної економії теплової енергії після впровадження заходу [4]:

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

де $t_{\text{ср.оп}}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період (за період 01.11.2020 – 28.02.21 температура становить $-2,7^{\circ}\text{C}$) [4, 12];

$n_{\text{оп}}$ – тривалість опалювального періоду (за період 01.11.2020 – 28.02.21, становить 120 діб), діб.

Річна економія теплової енергії після теплоізоляції:

						Аркуш
						32
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{огр}}^{\text{Ек.рік}} = 42 \cdot \frac{(22 - (-2,7))}{(22 - (-25))} \cdot 24 \cdot 120 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 54,7 \text{ Гкал}$$

У грошовому еквіваленті економія складе:

$$E = 54,7 \text{ Гкал} \cdot 1559,67 \text{ грн/Гкал} = 85313,95 \text{ грн};$$

Для утеплення вибираємо базальтові плити, розміром плит: 1200*600*100мм вартість якого складає 145 грн/м² [5], також для суміщеного перекриття 1200×600×50 мм вартість якого складає 73 грн/м² [6]. Загальна площа стін і суміщеного перекриття, які потребують утеплення складає 431,55 м² для стін, і 726,94 м² для суміщеного перекриття.

Отже для утеплення фасаду нам необхідно 431,55 м² утеплювача, тобто вартість складатиме 431,55·145=62573.75 грн. Та для утеплення суміщеного перекриття необхідно 726,94 м² утеплювача, тобто вартість складатиме 726,94·(145+73)=158472,92

Вартість монтажних робіт складає приймаємо 10% від загальних витрат на матеріали.

Загальні витрати на утеплення стіни:

$$K = 62573.75 + 158472,92 + (62573.75 + 158472,92 \cdot 10\%) = 299467,71 \text{ грн}$$

Визначимо простий термін окупності від теплоізоляції огорожувальних конструкцій:

$$T_{\text{ок}} = K/E = 299467,71 / 85313,95 = 3,5 \text{ року}$$

					Аркуш
					33
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

3.2.2 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 [4]:

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

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

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

Об'ємна витрата повітря, що вентилюється для природної вентиляції [2]:

						Аркуш
						34
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

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 [4]:

$$\Delta Q_{\text{рт}} = m_B \cdot c_p (t_B - (t_{\text{з.р.}} + \Delta t_p)) \quad (3.7)$$

де t_B —температура витяжного повітря, °С, як правило, дорівнює температурі повітря всередині приміщення, що вентилується;

$t_{\text{з.р.}}$ —розрахункова температура зовнішнього повітря, °С [7];

Δt_p —величина зменшення температури витяжного повітря після рекуперації теплоти, °С. Для практичних розрахунків береться із діапазону $\Delta t_p=10-15^{\circ}\text{C}$;

c_p —питома масова ізобарна теплоємність повітря, що дорівнює $1,005\text{кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$.

						Аркуш
						35
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Рекуперація теплоти без додаткового нагрівання припливного повітря в приміщеннях:

1. Ігрова кімната №1 на першому поверсі

Розрахункова кратність повітрообміну приміщення дорівнює:

$$n_k = 1,3 \text{ год}^{-1};$$

Об'єм приміщення:

$$V_{\text{п}} = 135 \text{ м}^3$$

Об'ємна витрата повітря:

$$V_{\text{в}} = 0,278 \cdot 135 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} = 0,044 \text{ м}^3/\text{с}$$

Масова витрата вентилязованого повітря:

$$m_{\text{в}} = 0,044 \cdot 1,3 = 0,057 \text{ кг/с.}$$

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

$$\Delta Q_{\text{рт}} = 0,057 \cdot 1,005 \cdot (22 - ((-25) + 12)) = 2 \text{ кВт}$$

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

						Аркуш
						36
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{огр}}^{\text{Ек.рік}} = 2 \cdot \frac{(22 - (-2,7))}{(22 - (-25))} \cdot 24 \cdot 120 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 2,6 \text{ Гкал}$$

По об'ємній витраті повітря для ігрової кімнати ($V_v = 0,044 \text{ м}^3/\text{с} = 158,4 \text{ м}^3/\text{год}$) підбираємо рекуператор Ppapa 200С, який має приток повітря $185 \text{ м}^3/\text{год}$ [8].

2. Ігрова кімната №2 на першому поверсі

Розрахункова кратність повітрообміну приміщення дорівнює:

$$n_k = 1,3 \text{ год}^{-1};$$

Об'єм приміщення:

$$V_{\text{п}} = 136,25 \text{ м}^3$$

Об'ємна витрата повітря:

$$V_v = 0,278 \cdot 136,25 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} = 0,044 \text{ м}^3/\text{с}$$

Масова витрата вентилязованого повітря:

$$m_v = 0,044 \cdot 1,3 = 0,057 \text{ кг/с.}$$

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

					Аркуш
					37
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$\Delta Q_{\text{рт}} = 0,057 \cdot 1,005 \cdot (22 - ((-25) + 12)) = 2 \text{ кВт}$$

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

$$Q_{\text{огр}}^{\text{Ек.рік}} = 2 \cdot \frac{(22 - (-2,7))}{(22 - (-25))} \cdot 24 \cdot 120 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 2,6 \text{ Гкал}$$

По об'ємній витраті повітря для ігрової кімнати ($V_{\text{в}} = 0,044 \text{ м}^3/\text{с} = 158,4 \text{ м}^3/\text{год}$) підбираємо рекуператор Piana 200С, який має приток повітря $185 \text{ м}^3/\text{год}$ [8].

3. Спальня на другому поверсі

Розрахункова кратність повітрообміну приміщення дорівнює:

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

Об'єм приміщення:

$$V_{\text{п}} = 133,25 \text{ м}^3$$

Об'ємна витрата повітря:

$$V_{\text{в}} = 0,278 \cdot 136,25 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} = 0,043 \text{ м}^3/\text{с}$$

Масова витрата вентилязованого повітря:

$$m_{\text{в}} = 0,043 \cdot 1,3 = 0,056 \text{ кг/с.}$$

					Аркуш
					38
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

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

$$\Delta Q_{\text{рт}} = 0,056 \cdot 1,005 \cdot (22 - ((-25) + 12)) = 1,97 \text{ кВт}$$

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

$$Q_{\text{огр}}^{\text{Ек.рік}} = 1,97 \cdot \frac{(22 - (-2,7))}{(22 - (-25))} \cdot 24 \cdot 120 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 2,56 \text{ Гкал}$$

По об'ємній витраті повітря для спальні ($V_{\text{в}} = 0,043 \text{ м}^3/\text{с} = 154,8 \text{ м}^3/\text{год}$) підбираємо рекуператор Piana 200С, який має приток повітря $185 \text{ м}^3/\text{год}$ [8].

4. Ігрова кімната на другому поверсі

Розрахункова кратність повітрообміну приміщення дорівнює:

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

Об'єм приміщення:

$$V_{\text{п}} = 166 \text{ м}^3$$

Об'ємна витрата повітря:

$$V_{\text{в}} = 0,278 \cdot 166 \cdot 0,9 \cdot 1,3 \cdot 10^{-3} = 0,054 \text{ м}^3/\text{с}$$

Масова витрата вентилязованого повітря:

					Аркуш
					39
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

$$m_v = 0,054 \cdot 1,3 = 0,070 \text{ кг/с.}$$

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

$$\Delta Q_{рт} = 0,070 \cdot 1,005 \cdot (22 - ((-25) + 12)) = 2,46 \text{ кВт}$$

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

$$Q_{огр}^{Ек.рік} = 2,46 \cdot \frac{(22 - (-2,7))}{(22 - (-25))} \cdot 24 \cdot 120 \cdot 8,6 \cdot 10^{-4} = 3,2 \text{ Гкал}$$

По об'ємній витраті повітря для ігрової кімнати ($V_v = 0,054 \text{ м}^3/\text{с} = 194,4 \text{ м}^3/\text{год}$) підбираємо рекуператор Prana 200C ECO LIFE, який має приток повітря $235 \text{ м}^3/\text{год}$ [9].

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

$$\sum Q_{вент}^{Ек.рік} = 2,6 + 2,6 + 2,56 + 3,2 = 10,96 \text{ Гкал}$$

У грошовому еквіваленті економія складе :

$$E = 10,96 \text{ Гкал} \cdot 1559,67 \text{ грн/Гкал} = 17093,98 \text{ грн.}$$

При розрахунках використовувалася норма дисконтування в 22%.

						Аркуш
						40
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1– Результати розрахунку дисконтованого терміну окупності.

Грошові потоки	Роки						
	1	2	3	4	5	6	7
Витрати, тис. грн.	(62,1)	0	0	0	0	0	0
Дисконовані витрати, тис. грн	(50,9)	0	0	0	0	0	0
Грошові надходження, тис. грн	17	17	17	17	17	17	17
Дисконтні грошові надходження, тис. грн.	13,93	11,42	9,36	7,67	6,29	5,16	4,23
Накопичені дисконтовані витрати, тис. грн.	(50,9)	(36,97)	(25,54)	(16,2)	(8,51)	(2,22)	2,94
Накопичені дисконтовані грошові надходження, тис. грн.	13,93	11,42	9,36	7,67	6,29	5,16	4,23
Різниця між накопиченими дисконтованими витратами і накопиченими дисконтованими надходженнями, тис. грн.	(36,97)	(25,54)	(16,18)	(8,51)	(2,22)	2,94	7,16

З таблиці видно, що з шостого року різниця між накопиченими дисконтованими витратами і накопиченими дисконтованими надходженнями + 2,94 тис. гривень, з цього випливає, що дисконтний період окупності більше 6 років.

Розрахунок здійснюємо таким чином:

$$DPP = 6 + 2,94/4,23 = 6 + 0,69 = 6,69 \text{ року}$$

3.2.3 Впровадження автоматизованої системи моніторингу та короткотермінового прогнозування теплоспоживання будівлею

						Аркуш
						41
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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 28 березня 2021 року 1559,67 грн/Гкал з ПДВ, розрахункова економія коштів на теплоспоживання, відносно до рівня базового теплоспоживання за опалювальний сезон 2020–2021 рр. $Q_{ф.оп}=150,62$ Гкал, з урахуванням прийнятої економії у 10%, становить:

$$E_{\phi} = 150,62 \times 0,1 \times 1559,67 = 23491,75 \text{ грн. (з ПДВ).}$$

Вартість всього комплексу обладнання, необхідного для організації та функціонування системи моніторингу становить 18115,80 грн. з ПДВ.

Вартість робіт з монтажу та налагодження системи моніторингу становить 5100,00 грн. з ПДВ.

Загальна сума всіх витрат складає $K = 23215,80$ 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:

$$T_{ок}^{\phi} = \frac{K}{E_{\phi}} = \frac{23215,80}{23491,75} = 0,98 \text{ року}$$

					Аркуш
					42
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було проведено енергетичне обстеження систем енергопостачання Сумського дошкільного навчального закладу (ясла-садок) № 32 «Ластівка», що знаходиться за адресою м. Суми, 40030, вул. Олександра Олеся, 3А.

Під час енергетичного обстеження було проведено обстеження дійсного стану конструктивних елементів будівлі, а також системи тепло-, електро- та водопостачання.

Були розраховані всі основні види тепловтрат. Розрахунки показали, що дуже велика частка теплової енергії, яка б повинна була йти на опалення приміщень і підтримку в них нормативної для адміністративної будівлі температури, втрачається через огорожуючі конструкції, найбільше через стіни. Це стало приводом до розробки відповідних енергозберігаючих заходів. Були запропоновані наступні заходи:

- утеплення огорожувальних конструкцій будівлі (стін і стелі);
- запровадження рекуператора теплоти у систему вентиляції будівлі;
- впровадження автоматизованої системи моніторингу та короткотермінового прогнозування теплоспоживання будівлею.

Було визначено річний економічний ефект від запровадження енергозберіжних заходів у питомих показниках за якими встановлено тарифи на оплату енергоспоживання.

Розрахунком отримані результати фінансової економії від впровадження енергозберіжних заходів з подальшим визначенням їх термінів окупності. Отримані результати термінів окупності задовольняють сучасним вимогам щодо реалізації заходів з енергозбереження

						Аркуш
						43
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://db.niss.gov.ua/docs/energy/146.htm>;
2. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
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 «УкрНДІнжпроект», 1999. - 90 с.
4. 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.
5. [Електронний ресурс] Режим посилання: <http://sumy.stroika.biz.ua/products/item/17-229195/>
6. [Електронний ресурс] Режим посилання: <http://sumy.stroika.biz.ua/products/item/17-229197/>
7. 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
8. [Електронний ресурс] Режим посилання: <https://project-service.com.ua/p732085210-rekuperator-prana-200c.html>
9. [Електронний ресурс] Режим посилання: <https://project-service.com.ua/g56552783-rekuperatory-prana>

					Аркуш
					44
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	

10. Еремкин А. И., Тепловой режим зданий: учебное пособие / А. И. Еремкин, Т. И Королева. – М. : Издательство АСВ, 2000. – 368 с.
11. ДСТУ Н Б В.1.1–27:2010 "Будівельна кліматологія" – К. Мінрегіонбуд України, 2006. –72 с.
12. [Електронний ресурс] Режим посилання: http://rp5.ru/Архив_погоды_в_Сумах.
13. [Електронний ресурс] Режим посилання: <https://www.ohrana-truda.in.ua/uk/materyalu/zakonodatelstvo/>
14. [Електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80>
15. [Електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>
16. [Електронний ресурс] Режим посилання: <https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/2801-12>
17. КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ з курсу “Системи виробництва та розподілу енергії” для студентів спеціальності 7.000008 “Енергетичний менеджмент” денної форми навчання - Суми: Сумський державний університет, 2005.

						Аркуш
						45
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

Закон України «Про охорону праці» [11]

Цей Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні.

Роботодавець повинен забезпечити для трудового колективу такі умови праці, які були б комфортними та безпечними. Вимоги до виробничих умов містяться у багатьох нормативних документах з охорони праці. Їх дотримання дозволить підприємцю мінімізувати ризики шкоди здоров'ю.

Інженер з охорони праці завжди має бути в курсі актуальних законодавчих нововведень з питань охорони праці, адже від цього залежить якість його роботи. Він повинен знати нормативну документацію з охорони праці та ефективно використовувати і правильно застосовувати при розробці документації з охорони праці на підприємстві.

Вимоги до системи охорони праці містяться в безлічі законодавчих актів України, починаючи від кодексів і закінчуючи різними постановами. Вони є безумовними і підлягають застосуванню для всіх компаній незалежно від форми власності та чисельності колективу.

Ухилення від їх застосування або просто нехтування існуючими нормами неминуче призведе до штрафних санкцій. Розмір штрафів визначається виходячи зі скоєного проступка та тяжкості його наслідків, і для компаній, як правило, істотний.

Правовою основою законодавства щодо охорони праці є Конституція України та Закони України.

						Аркуш
						46
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Базується законодавство України про охорону праці на конституційному праві всіх громадян України на належні, безпечні і здорові умови праці, гарантовані статтею 43 Конституції України. Ця ж стаття встановлює заборону використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах. Стаття 45 Конституції гарантує право всіх працюючих на щотижневий відпочинок та щорічну оплачувану відпустку, а також встановлення скороченого робочого дня щодо окремих професій і виробництв, скороченої тривалості роботи у нічний час.

Інші статті Конституції встановлюють право громадян на соціальний захист, що включає право забезпечення їх у разі повної, часткової або тимчасової втрати працездатності [12, ст.46], охорону здоров'я, медичне страхування [12, ст.49], право знати свої права та обов'язки [12, ст.57] та інші загальні права громадян, в тому числі, право на охорону праці.

Основоположним документом в галузі охорони праці є Закон України «Про охорону праці» [13], який визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. Закон України «Про охорону праці» є центральним в системі законодавства про охорону праці, дія його поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих.

До основних законодавчих актів про охорону праці слід віднести також Закон України «Основи законодавства України про охорону здоров'я» [14], який регулює суспільні відносини в цій галузі з метою забезпечення гармонічного розвитку фізичних і духовних сил, високої працездатності і

						Аркуш
						47
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

довголітнього активного життя громадян, усунення чинників, які шкідливо впливають на їхнє здоров'я, попередження і зниження захворюваності, інвалідності та смертності, поліпшення спадковості, передбачає встановлення єдиних санітарно-гігієнічних вимог до організації виробничих та інших процесів, пов'язаних з діяльністю людей, а також до якості машин, устаткування, будинків та таких об'єктів, що можуть шкідливо впливати на здоров'я людей [14, ст. 28]; вимагає проведення обов'язкових медичних оглядів осіб певних категорій, в тому числі працівників, зайнятих на роботах із шкідливими та небезпечними умовами праці [14, ст.31]; закладає правові основи медико-соціальної експертизи втрати працездатності [14, ст. 69].

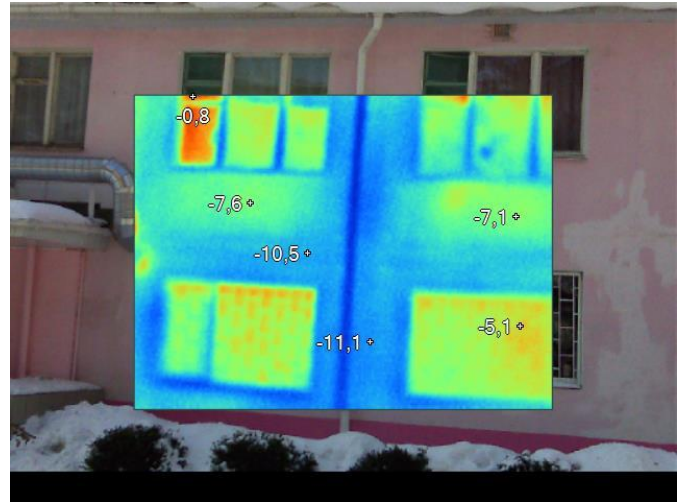
						Аркуш
						48
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Додаток Б

Термограми із зазначенням місць найбільших втрат теплової енергії на об'єкті обстеження (ДНЗ №32)



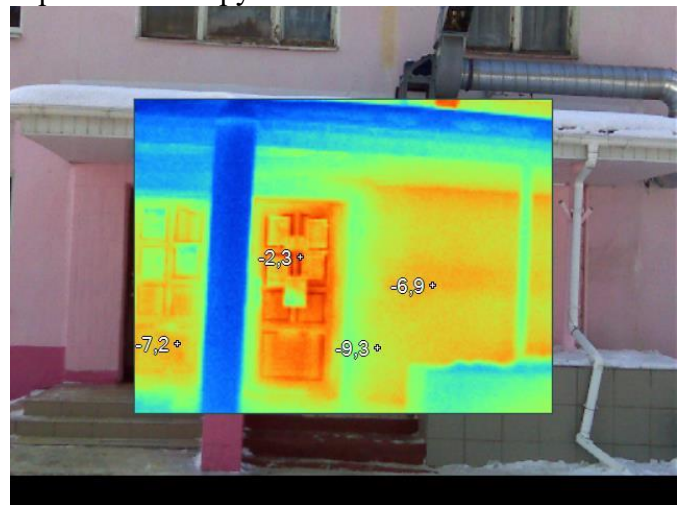
Неякісний монтаж віконних конструкцій, та самі віконні конструкції обумовлюють значні втрати тепла з приміщень. Значні втрати в місцях знаходження приладів опалення.



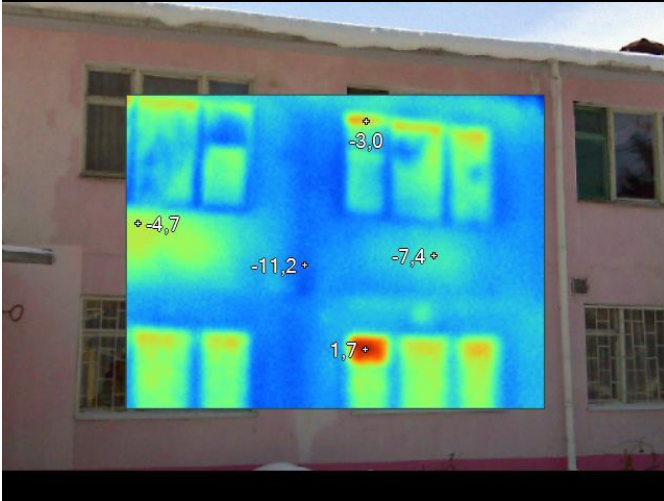
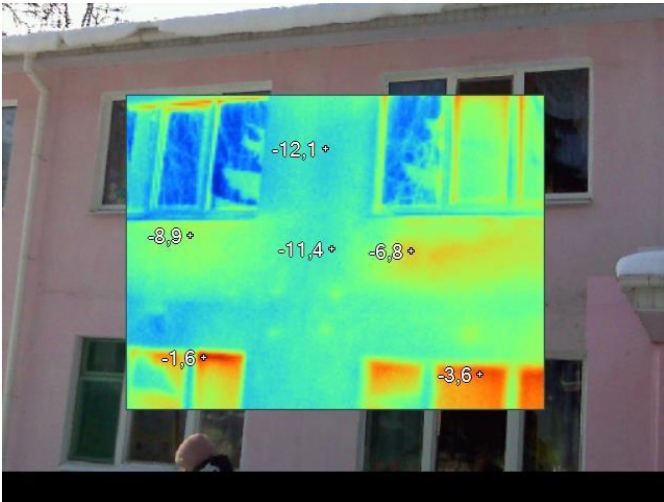
Спостерігається нещільність прилягання віконних рам до стіни, що призводить до тепловтрат. Втрати також відбуваються через зовнішні стіни, що обумовлене втратою її термічного опору.



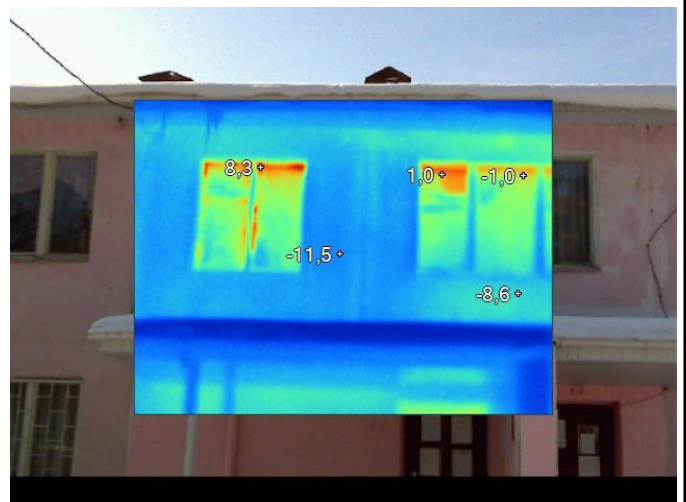
Втрати тепла з приміщення відбуваються через невідповідність опору теплопередачі дверей сучасним нормам.



					Аркуш
					49
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата	



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.



Відбуваються втрати тепла крізь відкриті вікна.

						Аркуш
						50
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

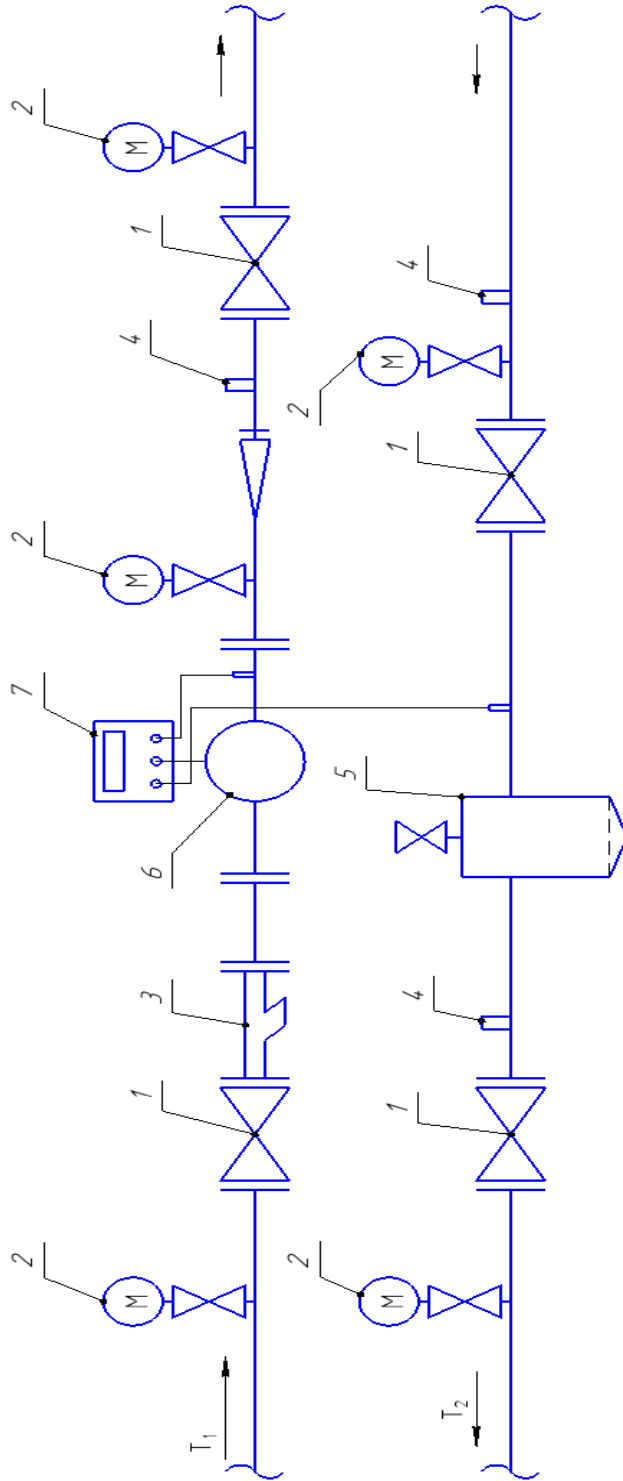
Тепловізійне обстеження виявило втрати тепла з приміщень, а саме:

- підвищена температура зовнішньої поверхні стіни свідчить про часткову втрату стінами теплозахисних властивостей;
- відбуваються втрати тепла крізь місця стіни де розташовані прилади опалення;
- відбувається втрати теплоти крізь вікна, через їх неякісний монтаж і низький рівень опору теплопередачі площі скління.

						Аркуш
						51
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Додаток В

Схема теплового пункту ДНЗ № 32



1 - засувки; 2 - манометри; 3 - фільтр; 4 - термометри; 5 - грязьовик; 6 - витраговик; 7 - лічильник теплоти

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 – Кількість теплової енергії, спожитої будівлею закладу за 2018–2021 роки

Місяць	Рік			
	2018	2019	2020	2021
	Гкал	Гкал	Гкал	Гкал
Січень	X	30,64	28,07	32,14
Лютий	X	24,65	25	30,06
Березень	X	19,97	11,68	24,73
Квітень	–	–	–	–
Травень	–	–	–	–
Червень	–	–	–	–
Липень	–	–	–	–
Серпень	–	–	–	–
Вересень	–	–	–	–
Жовтень	7,37	8,82	8,55	X
Листопад	21,74	20,67	24,45	X
Грудень	29,15	25,14	30,69	X
Всього	133,52	119,38	150,62	X

Додаток Д

Таблиця Д.1 – Кількість електричної енергії, спожитої будівлею закладу за 2018–2020 роки

Місяць	Рік		
	2018	2019	2020
	кВт*год	кВт*год	кВт*год
Січень	1645,5	1568,5	1577,16
Лютий	1745	1822	1528
Березень	1767	1732,67	895
Квітень	1589,2	1475,4	868,5
Травень	1753,8	1576,93	677,5
Червень	1335,4	1231,25	837
Липень	1228,5	858,75	405
Серпень	1212,1	1152	1124
Вересень	1727,2	1503,8	1398
Жовтень	1722,8	1681,7	1469
Листопад	1823	1698,07	1588
Грудень	1617,5	1768,27	1815,99
Всього	19167	18096,3	14183

Додаток Е

Таблиця Д.1 – Кількість електричної енергії, спожитої будівлею закладу за 2018–2020 роки

Місяць	Рік		
	2018	2019	2020
	м3	м3	м3
Січень	89,5	102,5	113,2
Лютий	105	121	117,33
Березень	129	155,33	71,67
Квітень	76	106,33	31,2
Травень	132	124,33	13
Червень	116,4	108	25
Липень	49	67	32
Серпень	118	76,33	77
Вересень	120	113,67	95
Жовтень	127	122	95
Листопад	115	139,33	90
Грудень	103,5	136,47	104,99
Всього	1280,4	1372,29	865,39