

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

Чередник Максим В'ячеславович

**«ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЛІ ССДНЗ №20 СМР
ШЛЯХОМ КОМПЛЕКСНОЇ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ТА ВИКОРИСТАННЯ
ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ»**

Магістерська робота

зі спеціальності 144 «Теплоенергетика»

(Енергетичний менеджмент)

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

Керівник роботи:

_____ (підпис)

Хованський С.О.

_____ (прізвище, ім'я, по батькові)

К.Т.Н., ДОЦЕНТ

_____ (наукове звання та наукова ступінь)

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 розділу	до 18.12.2022	
6	Представлення виконаної роботи	до 19.12.2022	
7	Проходження перевірки на плагіат	до 19.12.2022	
8	Проведення захисту роботи	з 23.12 до 28.12.2022	
9			
10			

Студент-магістр

_____ (підпис)

Керівник випускної роботи

_____ (підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 104 с., 39 таблиці, 43 рисунків, 3 додатки, 28 літературних джерел.

Графічні матеріали: Схема теплового пункту, комплексний аналіз рівня енергоефективності, результати розрахункового аналізу, техніко-економічний аналіз енергозберігаючих заходів – усього чотири аркуші формату А3.

Мета роботи: підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів будівлі ССДНЗ №20 СМР шляхом комплексної термомодернізації та використання відновлювальних джерел енергії.

Завдання, які було вирішено відповідно до мети при проведенні представленої роботи:

Визначення базового рівня енергоспоживання.

Розрахунковий аналіз обстежуваної системи (строки окупності на базі існуючих тарифів).

Отримання результатів тепловізійних досліджень огорожувальних конструкцій будівлі.

Розробка енергозберігаючих заходів із економії паливно-енергетичних ресурсів.

Предметом дослідження є системи енергопостачання та енергоспоживання будівля ССДНЗ № 20 «Посмішка», аналіз і надання рекомендацій з ефективного використання енергоресурсів.

Методи дослідження: інструментальне обстеження тепловізором, економіко-математичні методи під час розробки енергозберігаючих заходів.

Ключові слова: ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ, АНАЛІЗ ОБСЯГІВ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ І ВОДИ, РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ТЕПЛОВІЗІЙНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОПОТРЕБА.

Тема роботи – «Підвищення енергоефективності будівлі ССДНЗ №20 СМР шляхом комплексної термомодернізації та використання відновлювальних джерел енергії».

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ІНДЕКСІВ ТА СКОРОЧЕНЬ

Умовні позначення

$R_{пр}$ – опір теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

U – коефіцієнт теплопровідності, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$;

A_f – кондиціонована (опалювальна) площа будівлі, м^2 ;

$A_{sol,k}$ – еквівалентна площа інсоляції поверхні, м^2 ;

$I_{sol,k}$ – сонячна радіація, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

$Q_{H,nd,cont}$ – енергопотреба для постійного опалення будівлі, $\text{кВт} \cdot \text{год}$;

$Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі опалення, $\text{кВт} \cdot \text{год}$;

$Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі опалення, $\text{кВт} \cdot \text{год}$;

$\eta_{H,gn}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень.

t_D – час використання природного освітлення протягом року, год;

t_N – час використання природного освітлення протягом року, год;

m_{CO_2} – маса викидів парникових газів, кг.

Індекси та скорочення

Рис. – рисунок;

Табл. – таблиця;

ССДНЗ – Сумський спеціалізований дитячий навчальний заклад;

СМР – Сумська міська рада;

ГВП – гаряче водопостачання;

ДСТУ – Державний стандарт України;

ДБН – Державні будівельні норми;

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ	2
РЕФЕРАТ	4
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, ІНДЕКСІВ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	5
1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ	10
1.1. Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	10
1.3. Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта	13
1.3.1. Система опалення.....	13
1.3.2. Система електропостачання.....	14
1.3.3. Система водопостачання	15
1.3.4. Система вентиляції.....	16
1.3.5. Система обліку споживання енергоносіїв	16
1.3.6. Існуючі тарифи на енергоносії та воду	17
1.4. Опис методів та приладів вимірювання.....	18
1.5. Аналіз результатів вимірювання	19
1.6. Висновок до розділу.....	25
2. АНАЛІЗ ОБСЯГІВ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ І ВОДИ	26
2.1. Аналіз обсягів споживання теплоенергії	26
2.2. Аналіз обсягів споживання електроенергії.....	28
2.3. Аналіз обсягів споживання води	29
3. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ.....	30
3.1. Характеристика передачі трансмісією	30
3.2. Характеристика передачі вентиляцією	33
3.3. Характеристики внутрішніх теплонадходжень.....	36
3.4. Сонячні теплонадходження.....	37
3.5. Динамічні параметри	45
3.6. Енергопотреба на опалення та охолодження	47
3.7. Визначення питомого енергоспоживання при опаленні	51
3.8. Визначення питомого енергоспоживання при охолодженні	55
3.9. Визначення класу енергетичної ефективності будівлі.....	58

3.10.	Енергоспоживання системи вентиляції будівлі	58
3.11.	Розрахунок питомого енергоспоживання при освітленні	59
3.12.	Розрахунок первинної енергії та викидів парникових газів	61
3.13.	Висновки до розділу	63
4.	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ	64
4.1.	Запропоновані заходи	64
4.1.1.	Теплоізоляція зовнішніх стін	65
4.1.2.	Теплоізоляція перекриття горища	67
4.1.3.	Модернізація системи освітлення	70
4.1.4.	Результати розрахунків ефекту від впровадження заходів.....	72
4.1.5.	Оцінка ефективності інвестицій	78
4.2.	Аналіз умов запровадження альтернативних джерел енергії.....	81
4.2.1.	Опис можливих заходів	81
4.2.1.1.	Стовп освітлення із сонячними батареями.....	81
4.2.1.2.	Сонячний колектор для басейну.....	82
4.3.	Висновки до розділу	83
5.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	84
5.1.	Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на досліджуваному об'єкті	84
5.1.1.	Електробезпека	85
5.1.2.	Механічна безпека.....	85
5.1.4.	Мікроклімат	86
5.1.5.	Повітря робочої зони	86
5.1.6.	Виробниче освітлення.....	87
5.1.7.	Пожежна безпека.....	88
5.2.	Розрахунок природного освітлення.....	89
5.3.	Висновки до розділу	91
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	92
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	94
	ДОДАТОК А	97
	ДОДАТОК Б	98
	ДОДАТОК В	99

ВСТУП

У сучасному світі, для добробуту цивілізованих держав, головною складовою є забезпечення людей та підприємства необхідними енергоресурсами. Велику частку негативного впливу на розвиток господарюючих суб'єктів робить енергетична втрата у виробництві, яка на промислових підприємствах складає в середньому 8-12% і має незмінну тенденцію до зростання через великі моральні і фізичні зноси обладнання та значними втратами при транспортуванні енергетичних ресурсів [1].

Будівлі у сфері освіти переважно будувалися до 1990 року з використанням традиційних будівельно-монтажних систем (блоки, панелі, збірні залізобетонні каркаси тощо), які в порівнянні до сучасних норм, мають низьку енергоефективність через свої характеристики, що не відповідають встановленим нормам, та тому потребують капітального ремонту. [1,2].

Своєчасне проведення енергетичного аудиту будівель навчальних закладів є одним із шляхів вирішення цієї проблеми, що дозволяє значно скоротити марне витрачання енергоресурсів. Хороший енергоаудит може зменшити споживання енергії щонайменше на 10-15%. Точний і добре продуманий план дій допоможе розробити ефективну стратегію в довгостроковій перспективі [2].

Енергетичний аудит проводять незалежні особи (енергоаудитори) або ж фірми, які уповноважені на це. Він може проводитися за ініціативою суб'єктів, а також у випадках, передбачених законодавством [2,3]

Термомодернізація складається з кількох етапів: додаткове утеплення будинку та обов'язкова модернізація системи опалення. Ізоляційні заходи без модернізації системи опалення в більшості випадків не дають позитивних результатів з точки зору економії, а навпаки призводять до збільшення споживання енергії [2].

Призначення та мета цієї роботи:

підвищення енергоефективності будівлі ССДНЗ №20 СМР шляхом комплексної термомодернізації та використання відновлювальних джерел енергії.

Завдання, які було виконано відповідно до вказаної мети при проведенні представленої роботи:

Визначення базового рівня енергоспоживання.

Розрахунковий аналіз обстежуваної системи (строки окупності на базі існуючих тарифів).

Отримання результатів тепловізійних досліджень огорожувальних конструкцій будівлі.

Розробка енергозберігаючих заходів комплексної термомодернізації та використання відновлювальних джерел енергії.

Вихідні дані для проведення розрахункових робіт:

- проектна будівельна документація об'єкту обстеження;
- величини обсягів енергоспоживання об'єкту, що обстежується;
- нормовані показники з експлуатації систем енергопостачання, що є чинними на території України.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1. Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом дослідження являється Сумський спеціалізований дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) № 20 «Посмішка», який підпорядковується Управлінню освіти і науки Сумської міської ради та повністю утримується за рахунок коштів місцевого бюджету. Адреса розташування будівлі: вул. Лучанська, 27, м. Суми, Сумська область, 40000. (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – ССДНЗ (ясла-садок) № 20 «Посмішка»

У закладі працює 61 працівників та виховується 178 дітей. Будівля сумського ССДНЗ №20 площею забудови, згідно наданої інформації, 1228,8 м² складається з двох поверхів та підвального приміщення.

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

Опалювальна площа будівлі закладу – 3155,44 м².

Опалювальний об'єм закладу – 9529,43 м³.

Теплопостачання Сумського ССДНЗ № 20 здійснюється централізовано згідно договору про закупівлю послуг з постачання теплової енергії та гарячої води, який укладено з ТОВ «Сумитеплоенерго» договір № 313 – Т від 08.02.2021 року.

Джерелом постачання електроенергії є товариство з обмеженою відповідальністю «ЕНЕРА СУМИ» згідно з договором №1614055 від 11.02.2022 року.

За розподіл електроенергії відповідає «Обленерго», № договору 1614055 від 20.12.2019 року.

Подача холодної води, та водовідведення здійснюється централізовано від КП «Міськводоканал» СМР договір № 3060 від 19.01.2021 року.

1.2.Опис дійсного стану об'єкта енергетичного обстеження

Загальний стан закладу дошкільної освіти можна оцінити як середній. Місцями видніються пошкодження стін будівлі. Старі дерев'яні вікна замінили на металопластикові склопакети. Стан вентиляційної системи під час експлуатації погіршився, але природна вентиляція в приміщеннях залишається. Іноді додатково потрібно відкрити вікна для провітрювання. Через це втрачається велика кількість корисного тепла. Підтримка комфортнішої температури в приміщенні з великим об'ємом потребує більше теплової енергії. У закладі відсутня теплоізоляція перекриття, тому температура деяких груп на верхньому поверсі значно нижча, ніж на першому, що не відповідає нормативним критеріям.

Результати розрахунку опору теплопередачі огороджувальних конструкцій корпусів закладу, який обстежується, отримані відповідно до методики наданій у документації [4] та представлені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій головної будівлі.

№ п/п	Найменування конструктивного елемента	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Тепло-провідність $\lambda_i, \frac{Вт}{м \cdot К}$	$R_{\Sigma np}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$	$R_{q \min}, \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$
Основна будівля закладу						
1	Стіни	Керамзитобетон	0,3	0,31	1,16	3,83
		Цементно-піщана штукатурка	0,03	0,81		
2	Суміщене покриття	Залізобетонна плита	0,22	1,92	1,62	5,35
		Керамзит	0,15	0,12		
		Руберойд (бітум)	0,01	0,17		
3	Вікна	Металопластикові	–	–	0,64	0,75
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	1,92	0,46	3,75
		Розчин цементно-піщаний	0,04	0,81		
		Керамічна плитка	0,01	1,1		
		Лінолеум ПВХ	0,002	0,35		
Будівля басейну						
№ п/п	Найменування конструктивного елемента	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	Силікатна цегла	0,51	0,81	0,80	3,83
		Керамічна плитка	0,01	1,10		
2	Суміщене покриття	Залізобетонна плита	0,22	1,92	0,62	5,35
		Керамзит	0,20	0,81		
		Руберойд (бітум)	0,01	0,17		
3	Вікна	Металопластикові	–	–	0,64	0,75
4	Підлога	Залізобетонна плита	0,22	1,92	0,44	3,75
		Розчин цементно-піщаний	0,05	1,40		
		Керамічна плитка	0,01	1,10		

1.3. Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта

Основними технічними системами, що забезпечують функціонування будівлі є: системи тепlopостачання, електропостачання, вентиляції, водопостачання та водовідведення (каналізації).

1.3.1. Система опалення

Тепlopостачання Сумського ССДНЗ № 20 здійснюється централізовано згідно договору про надання послуг з централізованого опалення, який укладено з ТОВ «Сумитеплоенерго» договір №313 – Т від 18.11.2021 року.

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 теплової енергії сталеві, неповністю ізольовані.

Система теплової мережі дошкільного навчального закладу є двотрубна з нижньою розводкою; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – горизонтальна. В якості опалювальних приладів використовуються чавунні секційні радіатори типу МС-140 (рис. 1.2) та пластинчаті радіатори (рис. 1.3).

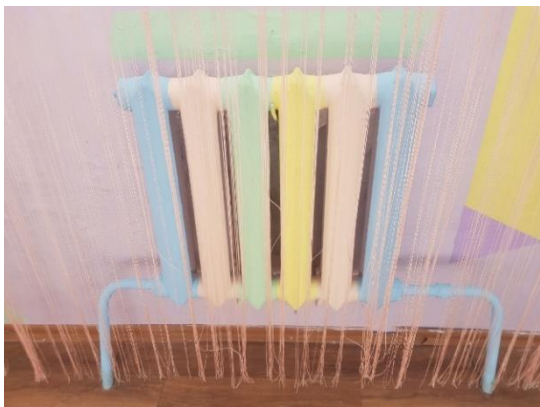


Рисунок 1.2 – радіатори типу МС-140



Рисунок 1.3 – радіатори пластинчаті

Опалювальні прилади розташовані в кожному приміщенні під вікнами. Доступ до опалювальних приладів необмежений.

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 теплопункт є :

- 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.

У вузлу обліку теплової енергії за технічними умовами передбачено встановлення лічильника тепла WP DN 50 QN 15/130 Заводський № 5098531 марки SENSUS.

1.3.2. Система електропостачання

У будівлі ССДНЗ № 20 основними системами електроспоживання є:

- система освітлення;

- система технологічного електрообладнання.

До основного енергоспоживаючого обладнання системи входять: електроплити, холодильники, комп'ютери, оргтехніка, пральні машини, принтери, духовки, м'ясорубка, картопличистка, праска. Система освітлення складається з світильників з лампами розжарювання та люмінесцентними. 205 ламп розжарювання. 75 Вт і 45 60 Вт. 20 люмінесцентних ламп по 18 Вт кожна. Загальна потужність освітлення 18,43 кВт. Зовнішнє освітлення: п'ять ламп і одна лампа розжарювання (250 Вт), в герметичному плафоні. Річний час роботи системи зовнішнього освітлення становить 3100 годин. До недоліків можна віднести неефективне використання освітлювального обладнання.

1.3.3. Система водопостачання

Будинок підключено до місцевої системи централізованого холодного водопостачання. Сталевий подавальний трубопровід середнім діаметром 50 мм прокладено у підвальному приміщенні. 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. 1.2).

Таблиця 1.2 – Дані спожитої теплової енергії

Опалювальний рік 2020-2021			Опалювальний рік 2021-2022		
Дата доби	Обсяг теплоспоживання, Гкал	Температура теплоносія, °С	Дата доби	Обсяг теплоспоживання, Гкал	Температура теплоносія, °С
04.01.21	2,629	64,1	14.12.21	1,912	54,0
06.01.21	2,629	61,9	16.12.21	2,151	54,0
22.01.21	2,629	62,7	10.01.22	2,39	57,0
27.01.21	2,629	61,4	14.01.22	2,868	59,0
04.02.21	2,629	61,1	31.01.22	2,39	58,0
01.03.21	2,39	56,9	07.02.22	2,39	60,0
02.03.21	2,39	56,9	08.02.22	2,151	61,0
23.03.21	2,39	55,3	09.02.22	2,39	58,0
19.11.21	1,912	54,0			

Споживачами холодної та гарячої води є працівники, обслуговуючий персонал та вихованці закладу. Стан сантехніки в будівлі є задовільним.

1.3.4. Система вентиляції

Будинок обладнаний природною системою вентиляції. Вентиляція повітря відбувається через вентиляційні канали (рис. 1.4) та вбудовані тунелі в конструкції будівлі (рис. 1.5). Повітря видаляється з кухні через систему механічної вентиляції. Припливне повітря, що подається від системи природної вентиляції, надходить через отвори в світлопрозорій конструкції огорожень і зовнішніх дверей. Тривалість роботи системи механічної вентиляції будівлі - 6 годин на добу в робочі дні. Стан вентиляційної системи є задовільним.



Рисунок 1.4 – вентиляційний канал



Рисунок 1.5 – вентиляція у стіні

1.3.5. Система обліку споживання енергоносіїв

У вузлу обліку теплової енергії за технічними умовами встановлено лічильник тепла WP DN 50 QN 15/130 Заводський № 5098531 марки SENSUS. У тепlopункті водолічильник, який під'єднаний до теплोलічильника, встановлений на трубі з діаметром умовного проходу Ду 50.

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

Дати останніх повірок лічильників:

- повірка лічильника тепла – червунь 2021 року;
- повірка лічильника води – Лютий 2020 року;
- повірка лічильників електричної енергії – жовтень 2015 року.

Повірку проведено ДП «Укрметртестстандарт».

1.3.6. Існуючі тарифи на енергоносії та воду

- Тариф на централізоване теплопостачання станом на 28.03.2022 року становить 2630,57 грн/Гкал з ПДВ.
- Тариф на розподіл електроенергії станом на 01.01.2022 року становить 1,67 грн/кВт·год;
- Тариф на постачання електроенергії станом на 01.01.2022 року становить 5,00 грн/кВт·год;
- Тариф на холодну воду становить 15,984 грн/м³ з ПДВ;
- Тариф на Водовідведення: 16,668 грн/ м³ з ПДВ.;
- Тариф на Гарячу воду: 163,26 грн/ м³ з ПДВ.

1.4.Опис методів та приладів вимірювання

Під час проведення інструментального обстеження ССДНЗ №20 використовувався тепловізор Fluke Ti25.

Тепловізор (інфрачервона камера) – це оптико-електронний вимірювальний прилад, що працює в інфрачервоній області електромагнітного спектру, "переводить" у видиму область спектру власне теплове випромінювання людей або техніки. Чутливий елемент тепловізора - матриця детекторів, що сприймає інфрачервоні сигнали і перетворює їх на електричні імпульси, які після підсилення перетворюються у відеосигнал [5]. Зображення тепловізора представлено на рис. 1.6.



Рисунок 1.6 – Тепловізор Fluke Ti25 виробництва США

Тепловізор використовується, як прилад для безконтактного виміру температури об'єктів і температурних полів. Сфери застосування тепловізора: енергетика, машинобудування, будівництво, нафтова і хімічна промисловість, транспорт тощо[5].

Технічні характеристики тепловізор представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 Технічні характеристики тепловізора Fluke Ti25

Параметр	Значення
Діапазон температурних вимірів	від -20°C до +350°C
Похибка	±2°C або 2%
Фотокамера	640 × 480
Кольорові палітри	Сіра, синьо - червона, жовта, та кольору гарячого металу
Пам'ять для зберігання термограм	Карта пам'яті 2ГБ (до 3000 термограм)
Фокусування	Ручне, мінімальна відстань 15 см
Умови експлуатації: – температура навколишнього середовища – відносна вологість	-10 +50°C 10-90% без конденсації
Умови зберігання: – діапазон навколишніх температур – відносна вологість	-20 +50 °C 10-90% без конденсації
Габаритні розміри	267×127×152 мм
Вага (разом з батареями)	1,2 кг

1.5. Аналіз результатів вимірювання

Тепловізійне обстеження будівлі ССДНЗ №20 було проведено 16 лютого 2022 року з використанням тепловізора FlukeTi25. У роботі наведені термограми, які дають можливість візуально оглянути типові проблемні місця будівель.

Мета обстеження – виявлення проблемних місць у будівлі ССДНЗ №20 через які відбуваються тепловтрати.

В момент проведення тепловізійного обстеження температура навколишнього середовища становила -2°C .

Середня температура приміщень становила 19°C .

У пункті наведені термограми, які показують типові проблеми по тепловтратам, що притаманні майже всім огорожувальним конструкціям.

Термограми із зазначенням місць найбільших втрат теплової енергії на об'єкті обстеження (ССДНЗ №20)

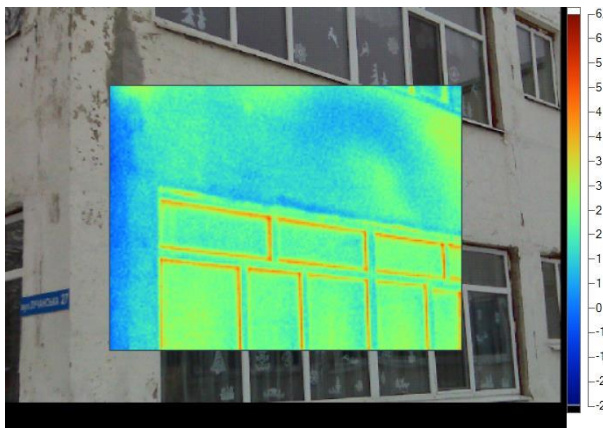


Рисунок 1.7 – Термограма вікон

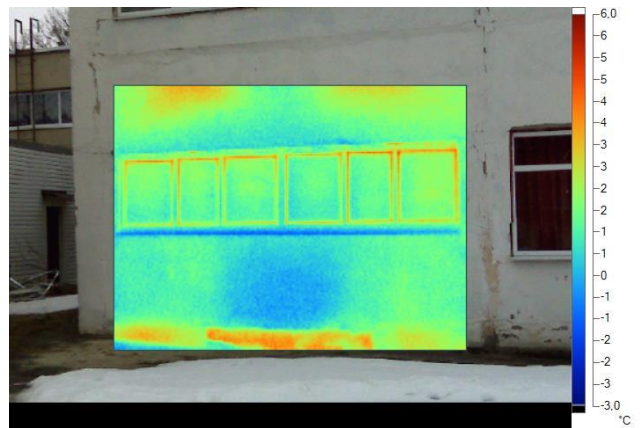


Рисунок 1.8 – Термограма вікон

Спостерігається нещільність віконних рам, що призводить до тепловтрат. Втрати також відбуваються через зовнішні стіни які невідповідають сучасним нормам термодинамічного опору.

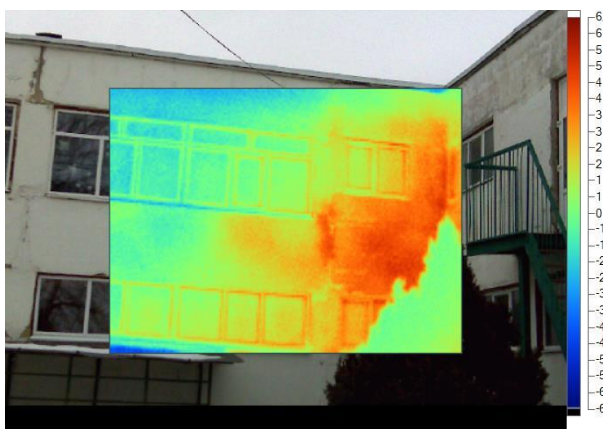


Рисунок 1.9 – Термограма зовнішніх стін

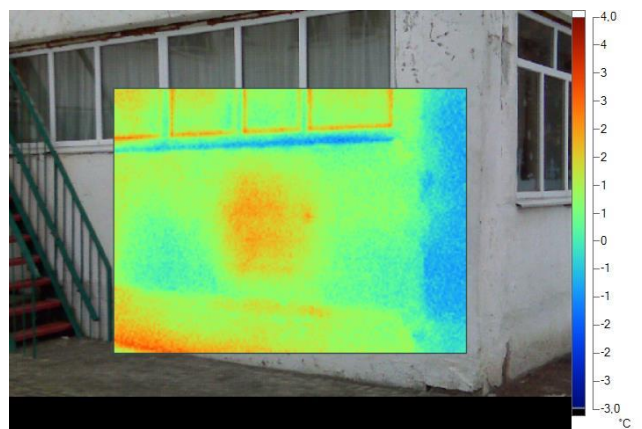


Рисунок 1.10 – Термограма зовнішніх стін

Кутові з'єднання стінових (огорожувальних) конструкцій також є джерелом теплової втрати.

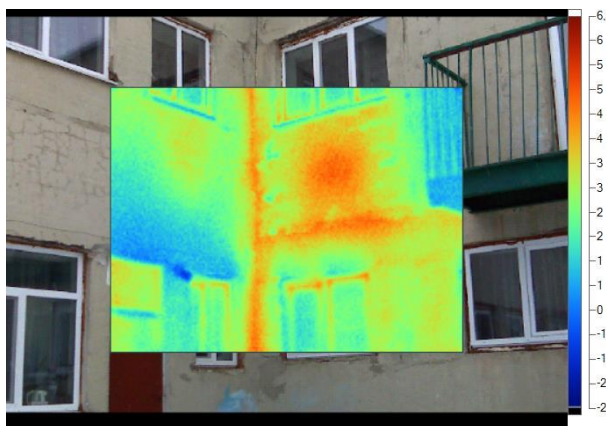


Рисунок 1.11 – Термограма кутових з'єднань

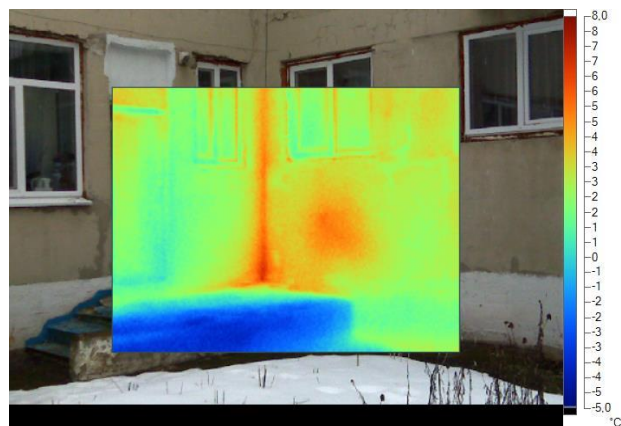


Рисунок 1.12 – Термограма кутових з'єднань

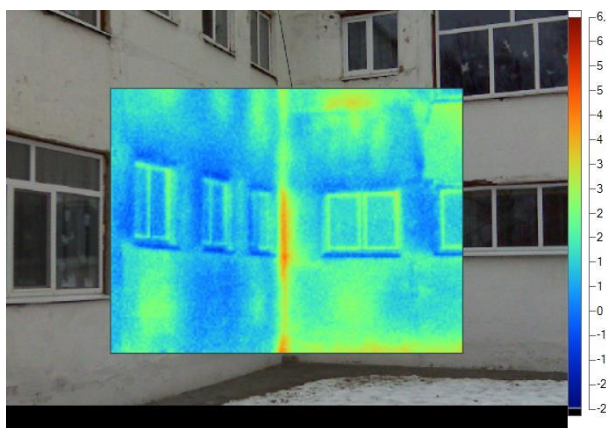


Рисунок 1.13 – Термограма кутових з'єднань

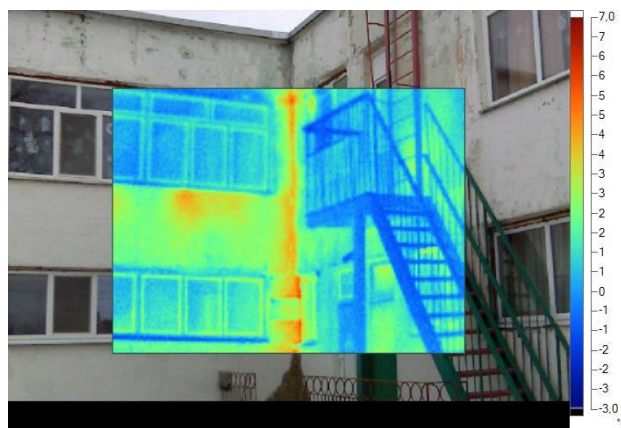


Рисунок 1.14 – Термограма кутових з'єднань

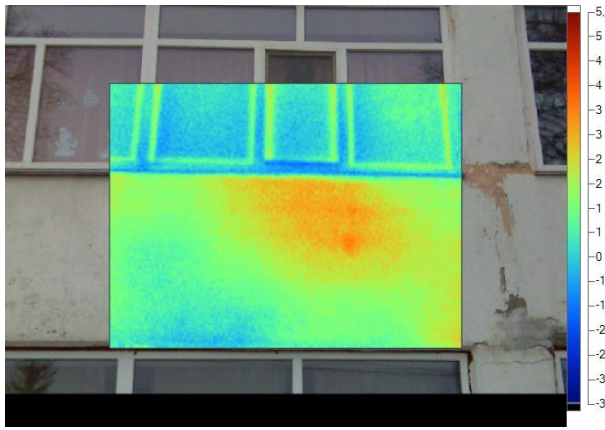


Рисунок 1.15 – Термограма місць розташування приладів опалення

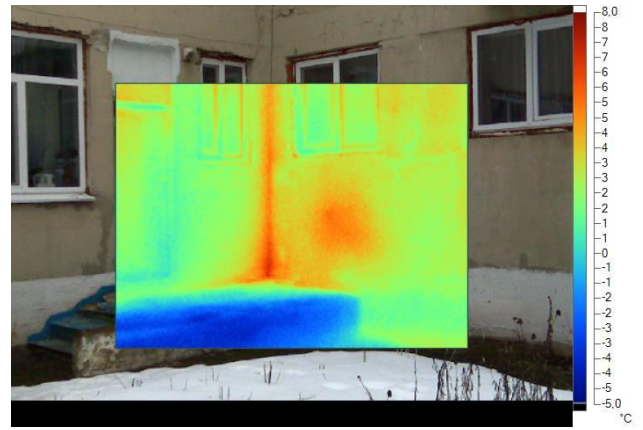


Рисунок 1.16 – Термограма кутових з'єднань

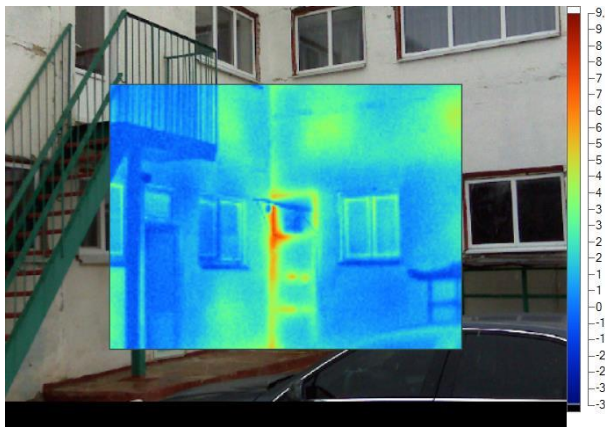


Рисунок 1.17 – Термограма місць розташування приладів опалення

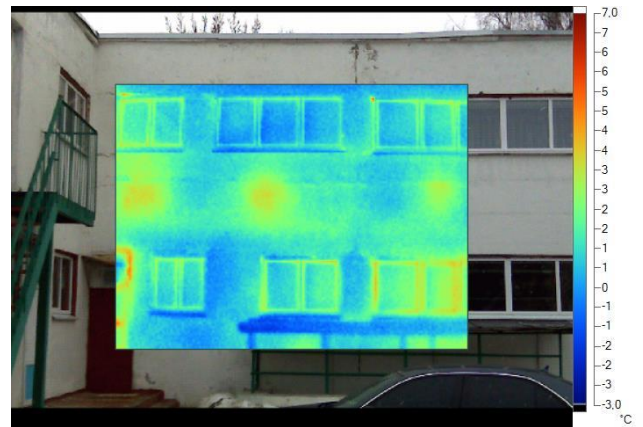


Рисунок 1.18 – Термограма місць розташування приладів опалення

Відбуваються втрати тепла крізь місця стіни де розташовані прилади опалення. Це свідчить про значну втрату стінного опору теплопередачі через низькі величини термічного опору стін.

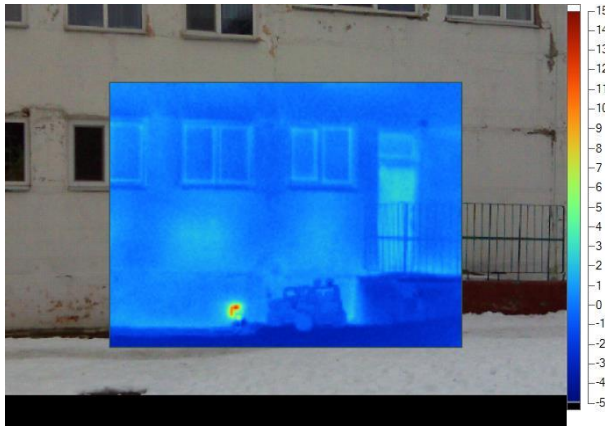


Рисунок 1.19 – Термограма
вентиляційний отворів

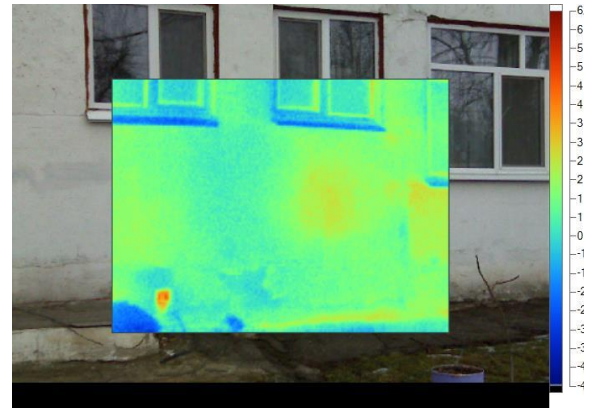


Рисунок 1.20 – Термограма
вентиляційний отворів

Тепловтрати, які відбуваються крізь вентиляційні отвори в стіні будівлі.

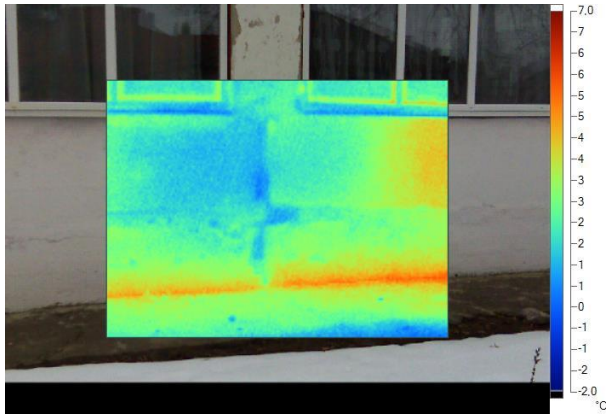


Рисунок 1.21 – Термограма
пошкоджень на стіні

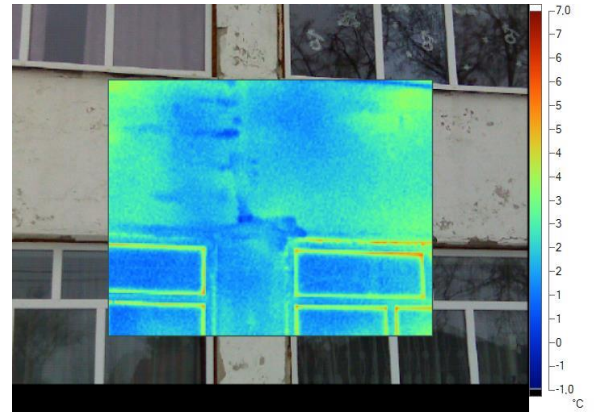


Рисунок 1.22 – Термограма
пошкоджень на стіні

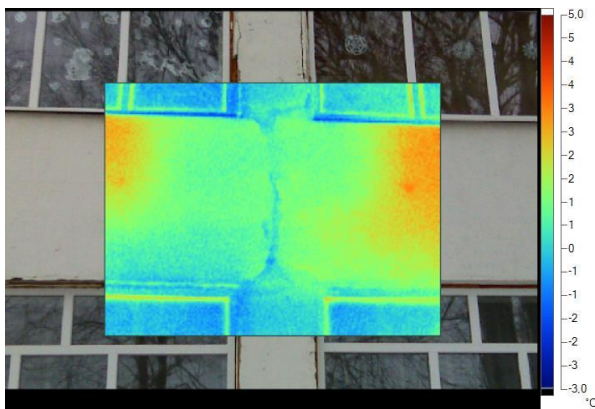


Рисунок 1.23– Термограма
пошкоджень на стіні

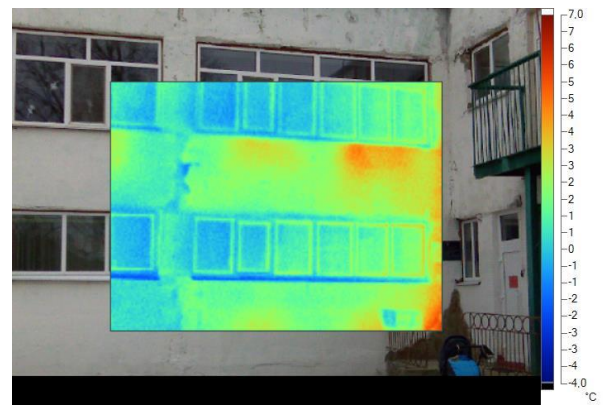


Рисунок 1.24 – Термограма
пошкоджень на стіні

При огляди конструкцій будівлі були виявлені пошкодження зовнішніх стін. Через ці місця відбувається промерзання огорожувальних конструкцій та потрапляння холоду до приміщень.

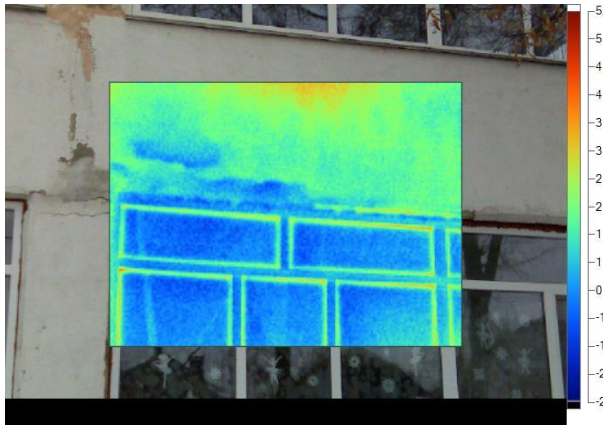


Рисунок 1.25 – Термограма вікон

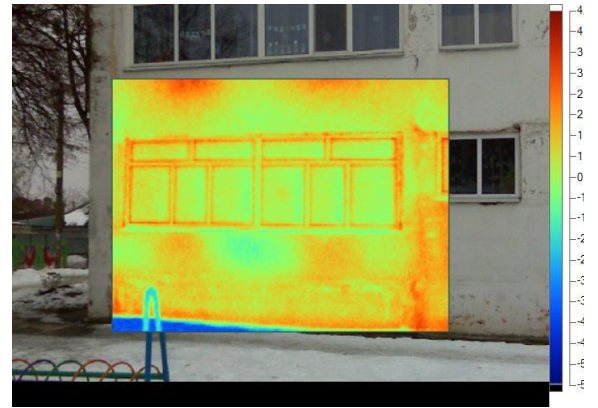


Рисунок 1.26 – Термограма вікон

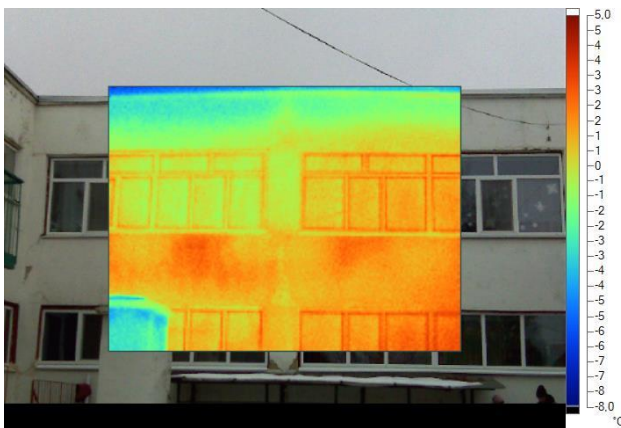


Рисунок 1.27 – Термограма вікон

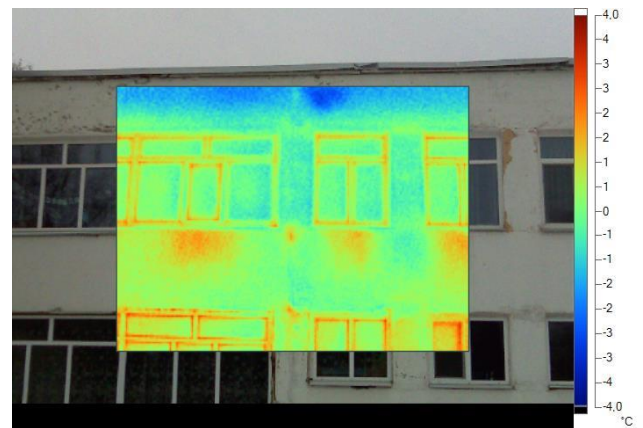


Рисунок 1.28 – Термограма вікон

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

1.6. Висновок до розділу

Під час зовнішнього огляду будівлі були виявлені пошкодження огорожувальних конструкцій. Проведене тепловізійне обстеження підтвердило, що у стінах є проблемні місця через які відбувається втрата теплової енергії. Підвищена температура зовнішньої поверхні стіни свідчить про часткову втрату стінами теплозахисних властивостей. Окрім проблем зі стінами, під час тепловізійного обстеження було виявлено проблемні місця, через які можливі тепловтрати з приміщень, а саме через:

- через відкривання вікон;
- через вентиляційні отвори;
- відбуваються втрати тепла крізь місця стіни де розташовані прилади опалення.

Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій, свідчать про велику теплопередачу. Після порівняння характеристики систем енергопостачання будівлі та проведеного техніко-економічного аналізу споживання енергоносіїв, найбільші грошові затрати припадають на оплату теплової енергії.

Аналізуючи загальні відомості про об'єкт обстеження, рекомендується провести енергозберігаючі заходи за для зменшення затрат та покращення якості самої будівлі.

2. АНАЛІЗ ОБСЯГІВ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ І ВОДИ

2.1. Аналіз обсягів споживання теплоенергії

Уточнювальною інформацією є те, що в будинку ССДНЗ № 20 був встановлений лічильник для обліку теплової енергії, яка використовується для опалення та виробництва гарячої води. Оскільки лічильника гарячої води відсутній, неможливо точно проаналізувати споживання теплової енергії для опалення та гарячої води відповідно. Граничне орієнтовне місячне споживання теплової енергії на опалення об'єкта визначається як різниця між загальною спожитою тепловою енергією та тепловою енергією на підігрів гарячої води, яка дорівнює середньому значенню спожитої теплової енергії за травень та вересень 2019 - 2022 роки.

Величина споживання тепла за 2019 – 2022 роки наведена у табл. 2.1 та на рис. 2.1.

Таблиця 2.1 – Величина споживання тепла за 2019 – 2022 роки

Рік/місяць	Теплова енергія, Гкал			
	2019	2020	2021	2022
Січень	89,864	77,932	86,757	89,864
Лютий	74,03	70,29	79,11	52,364
Березень	78,631	34,583	67,876	34,598
Квітень	27,963	5,956	27,246	9,786
Травень	6,453	1,434	3,346	1,865
Червень	3,824	0,956	2,39	0
Липень	0	0,956	0	0
Серпень	3,107	2,629	2,151	3,107
Вересень	5,019	3,346	2,868	3,869
Жовтень	32,743	28,919	25,334	18,869
Листопад	59,997	66,442	56,404	
Грудень	78,631	81,499	56,404	

На рисунку 2.1 приведена динаміка споживання теплової енергії будівлею за 2019–2022 роки та частково за 2021 рік.

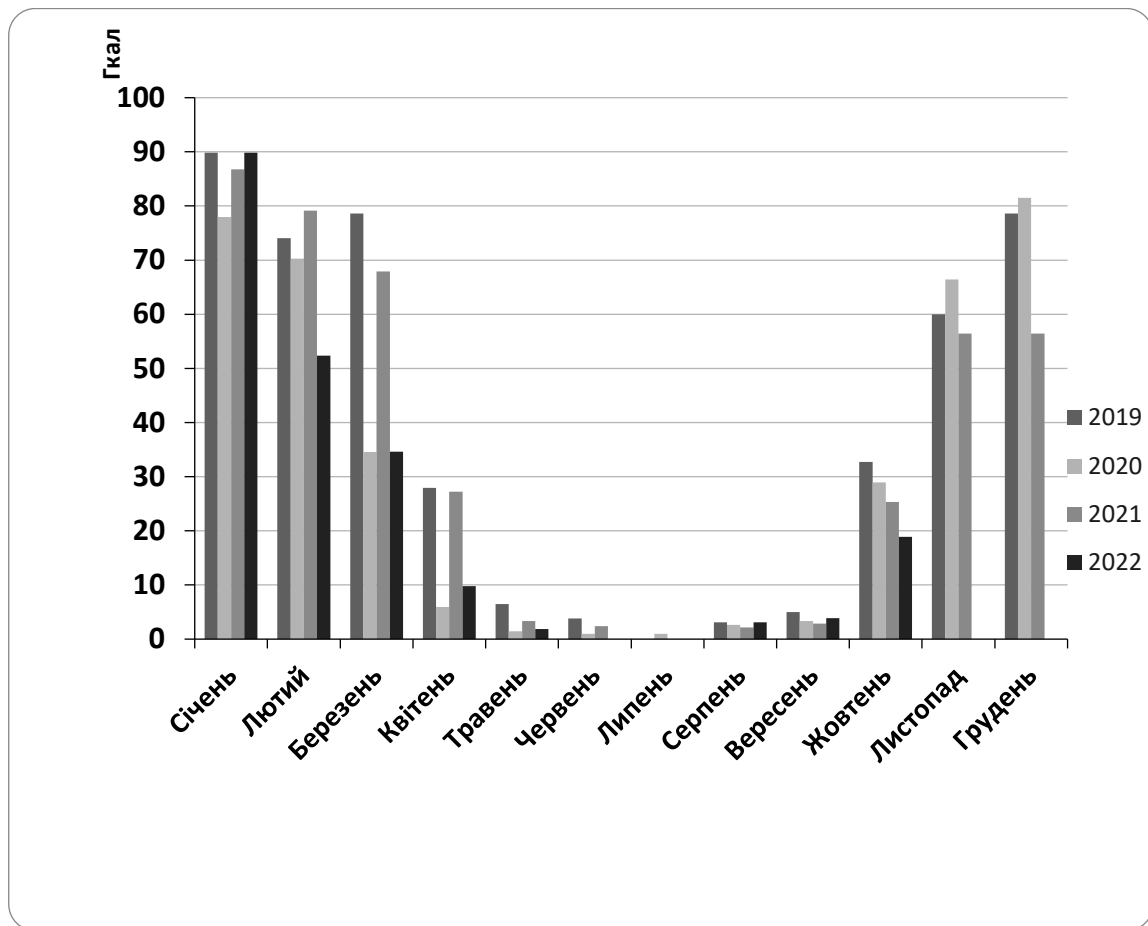


Рисунок 2.1 – Динаміка споживання теплової енергії будівлею за 2019–2022 роки

Аналізуючи графік, можна сказати, що максимум споживання теплової енергії на опалення припадає на грудень, січень та лютий, а мінімум – на квітень та жовтень. Нерівномірність споживання теплової енергії протягом відповідного періоду року пов’язана з різною температурою навколишнього середовища. Також неможливе прогнозування споживання теплової енергії через відсутність відповідного обладнання, що не забезпечує якісного моніторингу при управлінні режимами роботи системи опалення будівель.

2.2. Аналіз обсягів споживання електроенергії

Величина споживання електроенергії за 2018 – 2021 роки наведена у табл.2.2 та на рис. 2.2.

Таблиця 2.2 – Величина споживання електроенергії за 2019 – 2022 роки

Місяць	Електроенергію, кВт			
	2019 рік	2020 рік	2021 рік	2022 рік
Січень	4,01	4,01	3,16	3,15
Лютий	5,10	3,64	3,17	3,11
Березень	3,58	2,99	3,13	1,89
Квітень	3,37	2,88	3,01	1,91
Травень	3,10	1,83	2,75	1,15
Червень	3,34	1,53	2,75	1,07
Липень	2,59	1,68	1,19	1,08
Серпень	2,56	2,25	2,19	1,07
Вересень	3,15	2,55	3,03	2,87
Жовтень	3,49	3,50	3,75	2,98
Листопад	3,93	3,08	3,32	
Грудень	3,85	3,10	3,83	

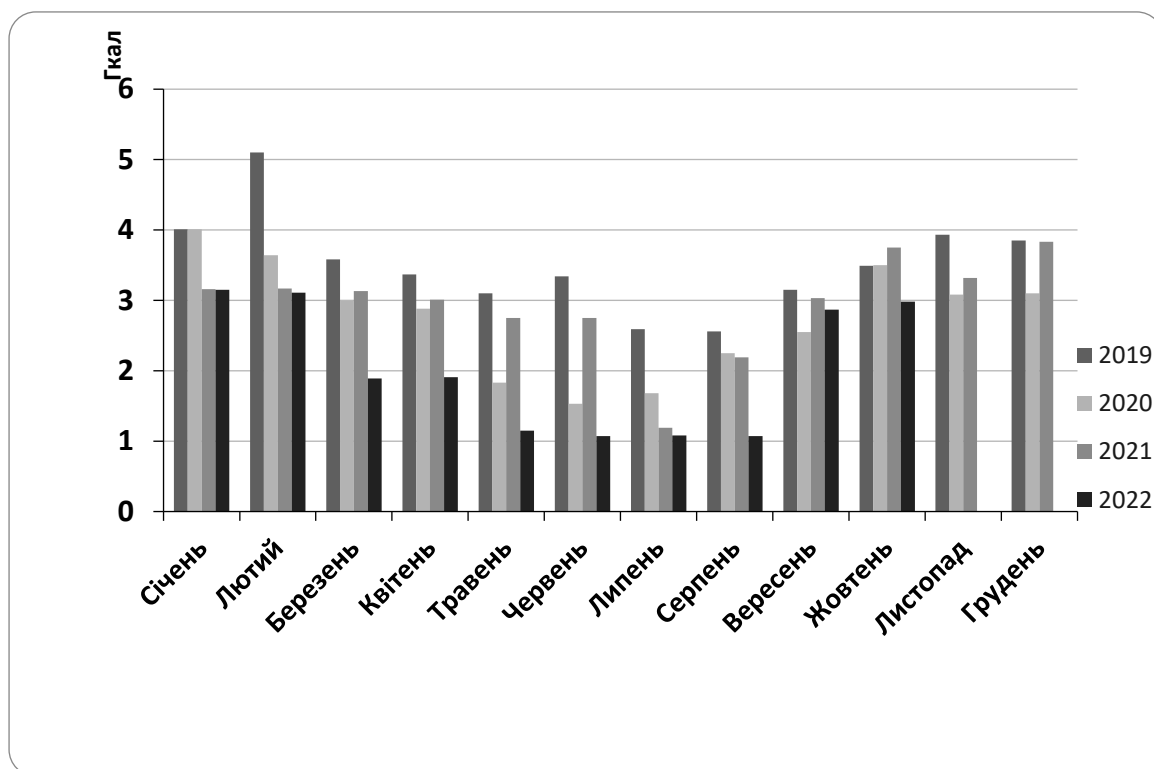


Рисунок 2.2 – Обсяги споживання електроенергії за 2019 – 2022 роки.

2.3. Аналіз обсягів споживання води

Величина споживання гарячої води за 2019 – 2022 роки наведена у табл.2.3 та на рис. 2.3.

Таблиця 2.3 – Величина споживання води за 2019 – 2022 роки

Місяць	Вода, м ²			
	2019 рік	2020 рік	2021 рік	2022 рік
Січень	348,43	270,50	139,20	194,50
Лютий	333,40	81,75	230,80	81,50
Березень	339,50	182,45	188,90	16,35
Квітень	336,50	18,00	213,00	21,63
Травень	336,50	72,70	183,00	19,36
Червень	222,50	102,40	181,50	26,98
Липень	206,40	191,40	207,00	45,89
Серпень	182,44	196,10	194,50	173,68
Вересень	297,46	300,40	245,00	265,00
Жовтень	336,40	334,60	190,30	230,30
Листопад	338,50	291,60	209,10	
Грудень	290,50	225,70	212,10	

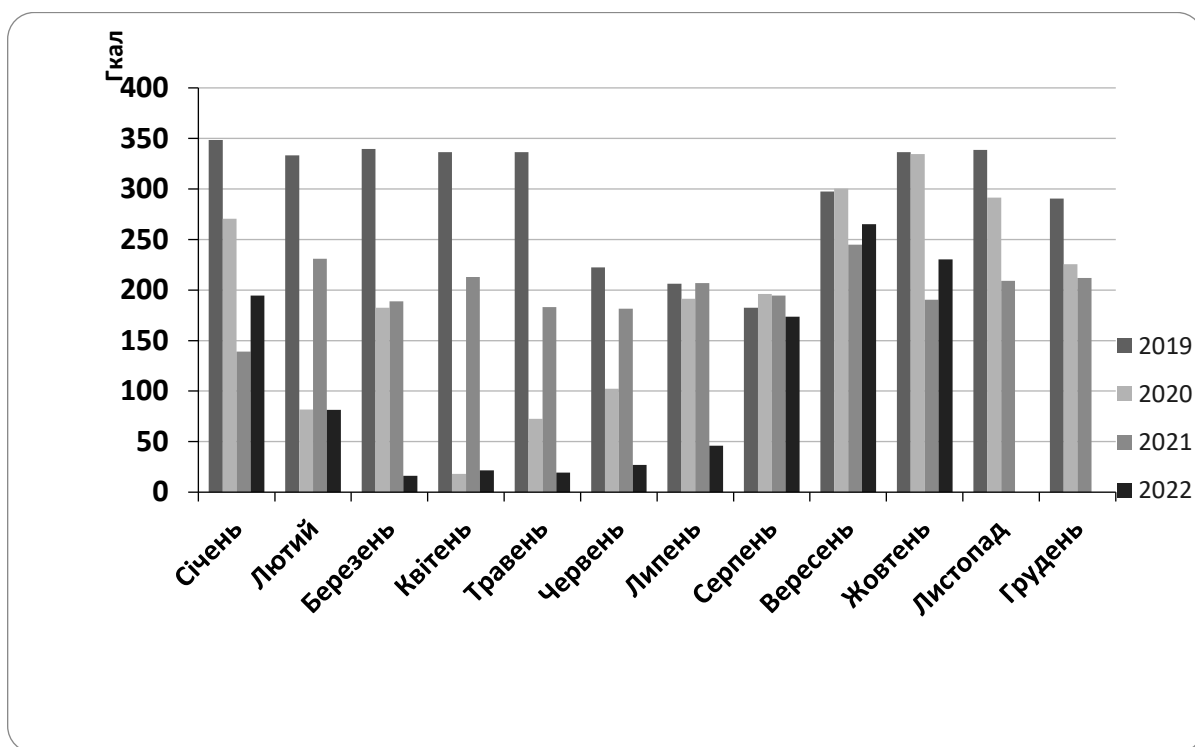


Рисунок 2.3 – Обсяги споживання гарячої води за 2018 – 2021 роки.

3. РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ

3.1. Характеристика передачі трансмісією

Розраховуємо за формулою (3.1) узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією зовнішніх огорожувальних конструкцій, та

Коефіцієнт теплопередачі трансмісією H_x [6], Вт/К, визначається за наступною формулою:

$$H_x = b_{tr,x} \sum A_i U_i, \quad (3.1)$$

де A_i – площа i -го елемента оболонки будівлі, m^2 ;

U_i – приведений коефіцієнт теплопередачі i -го елемента оболонки будівлі, $Вт/м^2 \cdot К$;

$b_{tr,x}$ – поправочний коефіцієнт.

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією $H_{tr adj}$, Вт/К, повинно бути розраховане згідно з [6] за формулою (3.2) :

$$H_{tr adj} = H_D + H_g + H_U + H_A, \quad (3.2)$$

де H_D – безпосередній узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до зовнішнього середовища, Вт/К;

H_g – стаціонарний узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до ґрунту, Вт/К;

H_U – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією через не кондиціонований об'єм, Вт/К;

H_A – узагальнений коефіцієнт теплопередачі трансмісією до суміжних будівель, Вт/К.

Тоді загальний коефіцієнт теплопередачі за допомогою трансмісії $H_{tr\ adj}$, Вт/К буде дорівнювати [6]:

– для опалення, Вт/К:

$$H_{tr\ adj,0} = 1293,53 + 761,48 + 508,16 + 35,05 + 314,16 + 184,22 + 122,55 = 3219,15.$$

– для охолодження, Вт/К:

$$H_{tr\ adj,0X} = 1293,53 + 0 + 508,16 + 50,07 + 314,16 + 184,22 + 122,55 = 2472,69$$

Сумарна теплопередача трансмісією Q_{tr} [6], Вт · год:

– для опалення, кВт · год:

$$Q_{tr} = H_{tr\ adj,0}(\theta_{int,set,H} - \theta_c)t. \quad (3.3)$$

– для охолодження, кВт · год:

$$Q_{tr} = H_{tr\ adj,0}(\theta_{int,set,C} - \theta_c)t, \quad (3.4)$$

де $\theta_{int,set,H}$ – температура зони будівлі для опалення, $\theta_{int,set,H} = 22^\circ\text{C}$;

$\theta_{int,set,C}$ – температура зони будівлі для охолодження, $\theta_{int,set,C} = 22^\circ\text{C}$;

θ_c – середньомісячна температура зовнішнього середовища, $^\circ\text{C}$;

t – тривалість місяця для якого проводиться розрахунок, год.

Заносимо отримані значення до таблиці 3.1. На рисунку 3.1 наведено графічну інтерпретацію відношення втрат тепла через елементи огорожувальних конструкцій.

Таблиця 3.1 – Характеристики теплопередачі трансмісією на опалення

Огороджу-вальні конструкції	Площа, м ²	Термічний опір, м ² К/Вт	Теплопровідність, Вт/м ² К	Н _х , опалення Вт/К	Н _х , охолодження Вт/К
Зовнішні стіни	1176,784	1176,784	1176,784	1293,53	1293,53
Горище	1223,30	1223,30	1223,30	761,48	0,00
Підлога	1223,30	1223,30	1223,30	508,16	508,16
Вхідні двері	25,52	25,52	25,52	35,05	50,07
Світлопрозорі конструкції Тип А	235,62	235,62	235,62	314,16	314,16
Світлопрозорі конструкції Тип В	138,16	138,16	138,16	184,22	184,22
Світлопрозорі конструкції Тип С	91,91	91,91	91,91	122,55	122,55
Загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією				3219,15	2472,69

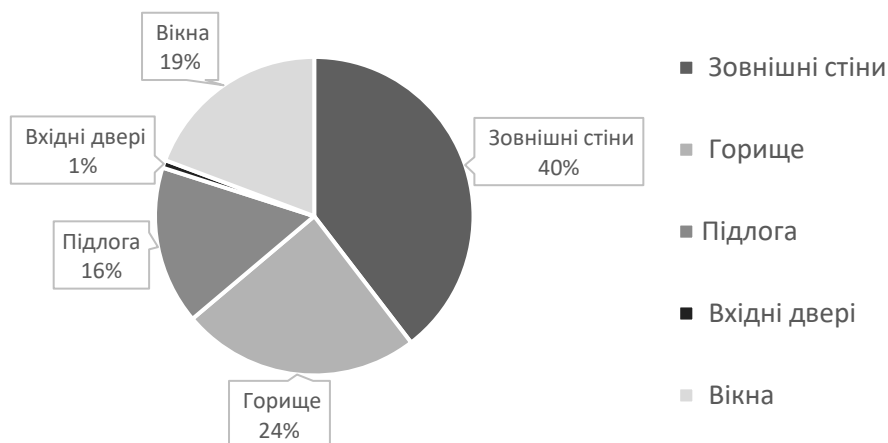


Рисунок 3.1 – Втрати тепла через огорожувальні конструкції

Аналізуючи рисунок 2.4 можемо побачити, що найбільший відсоток втрат тепла припадає на зовнішніх огорожувальних конструкції (стіни). Також великий відсоток втрат припадає на вікна та горище. Це означає, що значення теплопровідності зовнішніх стін та горище не відповідають мінімально встановленим нормам. Значні втрати через вікна спричинені великою площею скління.

3.2. Характеристика передачі вентиляцією

Теплоутилізаційні установки в системі вентиляції будинку ССДНЗ № 20 відсутні.

Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією $H_{ve,adj}$ [6], Вт/К, розраховують за формулою:

$$H_{ve,adj} = \rho_a c_a (\sum b_{ve,k} q_{ve,k,mn}), \quad (3.5)$$

де $\rho_a c_a$ – теплоємність повітря одиниці об'єму, 0,33 Вт · год/(м³ · К);

$b_{ve,k}$ – температурний поправочний коефіцієнт для k -ю елемента повітряного потоку, приймаємо $b_{ve,k} = 1$;

$q_{ve,k,mn}$ – усереднена за часом витрата повітря від k -го елемента, м³/год, визначають за формулою згідно з [6]:

$$q_{ve,k,mn} = f_{ve,t,k} q_{ve,k}, \quad (3.6)$$

де $f_{ve,t,k}$ – частка роботи k -го елемента повітряного потоку, розрахована як

частка від загальної кількості годин на добу;

$q_{ve,k}$ – витрата повітря k -го елемента повітряного потоку, м³/год, визначають згідно з [7] за формулою:

$$q_{ve,k} = n \cdot q_p + A \cdot q_b, \quad (3.7)$$

де n – проектне значення кількості людей;

q_p – норма вентиляції для мешканців, розрахована на особу, л/с;

A – загальна площа приміщення, м²;

q_b – норма вентиляції для викидів від будинку, л/с, м².

Розрахуємо витрату повітря повітряного потоку $q_{ve,k}$, м³/год:

$$q_{ve,k} = (239 \cdot 4,2 + 2446,6 \cdot 0,7) / 3,6 = 9779,1$$

Усереднена за часом витрата повітря $q_{ve,k,mn}$, м³/год:

$$q_{ve,k,mn} = 9779,1 \cdot 1,0 = 9779,1.$$

Загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією $H_{ve,adj}$, Вт/К:

$$H_{ve,adj} = 0,33 \cdot (9779,1 \cdot 1,0) = 3227,1.$$

Сумарну теплопередачу вентиляцією [6] Q_{ve} , Вт · год, розраховують для кожного місяця та для кожної z-ої зони за формулами:

– для опалення:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj}(\theta_{int,set,H} - \theta_c)t, \quad (3.8)$$

– для охолодження:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj}(\theta_{int,set,H} - \theta_c)t + \left(\sum f_{ve,extra,j,k} H_{ve,extra,j,k}(\theta_{int,set,H} - \theta_c)\right), \quad (3.9)$$

де $H_{ve,extra,j,k}$ – коефіцієнт теплопередачі додаткової вентиляції, Вт/К;

$f_{ve,extra,j,k}$ – частка роботи додаткової вентиляції ($f_{ve,extra,j,k} = 1,0$).

Розраховуємо значення сумарної теплопередачі вентиляцією для опалення та охолодження, та заносимо значення до таблиці 3.2 та 3.3 відповідно.

Таблиця 3.2 – Сумарна теплопередача вентиляцією для опалення

Місяць	θ_c	год., t	n	q_p	q_v	$q_{ve,k}$	$q_{ve,k,mn}$	$H_{ve,adj}$	Q_{ve}
Січень	-6,6	744	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	68667,7
Лютий	-5,8	672	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	60287,5
Березень	-0,8	744	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	54742,1
Квітень	8,1	360	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	16148,4
Травень	14,6	0	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	0,0
Червень	17,9	0	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	0,0
Липень	19,5	0	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	0,0
Серпень	18,4	0	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	0,0
Вересень	13	0	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	0,0
Жовтень	6,7	240	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	11849,9
Листопад	0,4	720	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	50188,0
Грудень	-4,3	744	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	63145,4
Всього									325029,0

Таблиця 3.3 – Сумарна теплопередача вентиляцією для охолодження.

Місяць	θ_c	год., t	n	q_p	q_v	$q_{ve,k}$	$q_{ve,k,mn}$	$H_{ve,adj}$	Q_{ve}
Січень	-6,6	0	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	0,0
Лютий	-5,8	0	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	0,0
Березень	-0,8	0	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	0,0
Квітень	8,1	0	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	0,0
Травень	14,6	0	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	0,0
Червень	17,9	240	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	3175,5
Липень	19,5	310	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	2501,0
Серпень	18,4	279	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	3241,3
Вересень	13	0	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	0,0
Жовтень	6,7	0	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	0,0
Листопад	0,4	0	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	0,0
Грудень	-4,3	0	239	4,2	0,7	9779,1	9779,1	3227,1	0,0
Всього									8917,8

3.3. Характеристики внутрішніх теплонадходжень

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел Q_{int} [6], Вт · год, розраховуються за формулою:

$$Q_{int} = (\sum \Phi_{int,min,k} \cdot A_f) \cdot t, \quad (3.10)$$

де $\Phi_{int,min,k}$ – тепловий потік від k -го внутрішнього джерела, Вт/м;

A_f – кондиціонована площа зони будівлі, м²;

t – тривалість періоду використання, виражена у годинах на місяць.

Для розрахунків використовуються теплонадходження від людей $\Phi_{int,0c}$, освітлення $\Phi_{int,L}$ та обладнання $\Phi_{int,A}$, їх значення наведено в таблиці 6 [6]. Для навчальних закладів згідно графіку використання теплонадходження становить по 50 год на тиждень, що є 0,3% від всього часу.

Розраховуємо теплонадходження від внутрішніх теплових джерел, та заносимо отримані значення до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Внутрішні теплонадходження.

Місяць	год., t	год., t	$A_{f,конд}$	$\Phi_{int,mn,1}$	$\Phi_{int,mn,2}$	$\Phi_{int,mn,3}$	Q_{int}
Січень	744	221	3155,44	7	7	3	11878,0
Лютий	672	200	3155,44	7	7	3	10728,5
Березень	744	221	3155,44	7	7	3	11878,0
Квітень	720	214	3155,44	7	7	3	11494,8
Травень	744	221	3155,44	7	7	3	11878,0
Червень	720	214	3155,44	7	7	3	11494,8
Липень	744	221	3155,44	7	7	3	11878,0
Серпень	744	221	3155,44	7	7	3	11878,0
Вересень	720	214	3155,44	7	7	3	11494,8
Жовтень	744	221	3155,44	7	7	3	11878,0
Листопад	720	214	3155,44	7	7	3	11494,8
Грудень	744	221	3155,44	7	7	3	11878,0
Всього							139853,6

3.4. Сонячні теплонадходження

Загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента g_{gl} визначається за формулою [6]:

$$g_{gl} = F_w \cdot g_n, \quad (3.11)$$

де F_w – поправочний коефіцієнт для нерозсіювального скління, приймають $F_w = 0,90$.

$$g_{gl} = 0,9 \cdot 0,7 = 0,63.$$

Понижувальний коефіцієнт затінення $F_{sh,gl}$ для засобів рухомого затінення визначають згідно з формулою [8]:

$$F_{sh,gl} = \frac{[(1-f_{sh,with}) \cdot g_{gl} + f_{sh,with} \cdot g_{gl+sh}]}{g_{gl}}, \quad (3.12)$$

де g_{gl} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління за відсутності сонячного затінення;

$f_{sh,with}$ – зважені інтервали часу, коли сонячне затінення використовується, наприклад, як функція інтенсивності падаючого сонячного випромінювання, визначається згідно таблиці 11 [6].

g_{gl+sh} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії скління за наявності сонячного затінення:

$$g_{gl+sh} = 0,63 \cdot 0,8 = 0,504.$$

Визначаємо понижувальний коефіцієнт затінення $F_{sh,gl}$ для літніх місяців та заносимо отримані результати розрахунків до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Понижувальний коефіцієнт засобів рухомого затінення

Місяць року	$F_{sh,gl}$			
	Пн	Пд	Зх	Сх
Червень	0,978	0,982	0,908	0,928
Липень	0,976	0,964	0,9	0,926
Серпень	0,958	0,954	0,89	0,93

Значення понижувального коефіцієнту затінення для решти місяців року становить $F_{sh,gl} = 1$.

Еквівалентну площу інсоляції застекленого елемента оболонки A_{sol} [б], м², розраховують за формулою:

$$A_{sol,k} = F_{sh,gl} \cdot g_{gl} \cdot (1 - F_F) \cdot A_{w,p}, \quad (3.13)$$

де $F_{sh,gl}$ – понижувальний коефіцієнт затінення для рухомих засобів.;

g_{gl} – загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента;

F_F – частка площі обрамлення, відношення площі проекції обрамлення до загальної площі проекції застекленого елемента, приймаємо 0,3;

$A_{w,p}$ – загальна площа проекції застекленого елемента, м².

В таблиці 3.6 наведено площа застеклених елементів будівлі по сторонам світу визначених згідно проектної документації.

Таблиця 3.6 – Площа зашкленних елементів будівлі

Пн	Пд	Зх	Сх
138,2 м ²	170,92 м ²	88,38 м ²	68,19 м ²

В таблиці 3.7 наведено площа непрозорих елементів будівлі по сторонам світу визначених згідно проектної документації.

Таблиця 3.7 – Площа непрозорих елементів будівлі

ПнСх	ПдСх	ПдЗ	ПнЗ	Дах
278,8 м ²	246,1 м ²	328,6 м ²	348,8 м ²	1223,3 м ²

Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів в A_{sol} , м², розрахована за формулою [6]:

$$A_{sol} = \alpha_{s,c} \cdot R_{se} \cdot U_c \cdot A_c, \quad (3.14)$$

де R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, м² · К/Вт, приймають 0,043 м² · К/Вт;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, Вт/ м² · К;

A_c – площа проекції непрозорої частини, м²

$\alpha_{s,c}$ – безрозмірний коефіцієнт поглинання сонячної радіації непрозорою частиною, відрізняється в залежності від матеріалу зовнішніх огорожувальних конструкцій, приймаємо для зовнішніх стін $\alpha_{s,c} = 0,8$ (керамічна плитка) та для даху $\alpha_{s,c} = 0,9$ (руберойд).

Розраховуємо еквівалентну площу інсоляції елемента оболонки A_{sol} та заносимо отримані значення до таблиць 3.8.

Таблиця 3.8. – Еквівалентна площа інсоляції закслених елементів

Місяць	Еквівалентна площа A_{sol} , м ²			
	Пн	Пд	Зх	Сх
Січень	60,9	75,4	39,0	30,1
Лютий	60,9	75,4	39,0	30,1
Березень	60,9	75,4	39,0	30,1
Квітень	60,9	75,4	39,0	30,1
Травень	60,9	75,4	39,0	30,1
Червень	59,6	74,0	35,4	27,9
Липень	59,5	72,7	35,1	27,8
Серпень	58,4	71,9	34,7	28,0
Вересень	60,9	75,4	39,0	30,1
Жовтень	60,9	75,4	39,0	30,1
Листопад	60,9	75,4	39,0	30,1
Грудень	60,9	75,4	39,0	30,1

Розраховуємо еквівалентну площу інсоляції непрозорого елемента оболонки A_{sol} та заносимо отримані значення до таблиці 3.9.

Таблиця 3.9. – Еквівалентна площа інсоляції непрозорих елементів

Місяць	Еквівалентна площа A_{sol} , м ²			
	Пн	Пд	Зх	Сх
Січень	10,34	9,13	12,19	12,94
Лютий	10,34	9,13	12,19	12,94
Березень	10,34	9,13	12,19	12,94
Квітень	10,34	9,13	12,19	12,94
Травень	10,34	9,13	12,19	12,94
Червень	10,34	9,13	12,19	12,94
Липень	10,34	9,13	12,19	12,94
Серпень	10,34	9,13	12,19	12,94
Вересень	10,34	9,13	12,19	12,94
Жовтень	10,34	9,13	12,19	12,94
Листопад	10,34	9,13	12,19	12,94
Грудень	10,34	9,13	12,19	12,94

Додатковий тепловий потік за рахунок теплового випромінювання в атмосферу для відповідного елемента оболонки будівлі Φ_r , Вт, визначають за формулою [6]:

$$\Phi_r = R_{se} \cdot U_c \cdot A_c \cdot h_r \cdot \Delta\theta_{er}, \quad (3.15)$$

де R_{se} – тепловий зовнішній поверхневий опір непрозорої частини, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, приймають 0,043 $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$;

U_c – коефіцієнт теплопередачі непрозорої частини, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$;

A_c – площа проекції елемента, м^2 ;

h_r – коефіцієнт теплопередачі випромінюванням поверхні, $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$;

$\Delta\theta_{er}$ – середня різниця між температурою зовнішнього повітря та уявною температурою атмосфери, $^{\circ}\text{C}$, для помірних широт приймають = 11 К.

Коефіцієнт теплопередачі випромінюванням зовнішньої поверхні для першого наближення дорівнює $h_r = 5\varepsilon$, згідно з таблицею 10 [6], приймаємо розрахункові значення коефіцієнта теплового випромінювання для зовнішніх огорожувальних конструкцій: стін $\varepsilon = 0,93$ (керамічна плитка), даху $\varepsilon = 0,9$ (руберойд).

Розраховуємо та заносимо отримані значення додаткових теплових потоків до таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Додаткових теплових потоків Φ_r

Елементи будівлі	Φ_r , Вт
Північні стіни	24,53
Південні стіни	21,65
Західні стіни	28,91
Східні стіни	30,69
Дах	40,64

Сонячні теплонадходження через елемент будівлі $\Phi_{sol,k}$, Вт, визначають за формулою [6]:

$$\Phi_{sol,k} = F_{sh,ob,k} \cdot A_{sol,k} \cdot I_{sol,k} - F_{r,k} \cdot \Phi_{r,k}, \quad (3.16)$$

де $F_{sh,ob,k}$ – понижувальний коефіцієнт затінення перешкодами для еквівалентної площі інсоляції поверхні;

$A_{sol,k}$ – еквівалентна площа інсоляції к-ої поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу у визначеній зоні чи об'ємі, м²;

$I_{sol,k}$ – сонячна радіація, значення енергетичної освітленості сприймаючої площі поверхні з даною орієнтацією та кутом нахилу за середніх умов хмарності Вт/м²;

$F_{r,k}$ – коефіцієнт форми між елементом будівлі та небосхилом, який приймають: $F_r = 1$ – для незатіненого горизонтального даху, $F_r = 0,5$ – для незатіненої вертикальної стіни;

$\Phi_{r,k}$ – додатковий тепловий потік внаслідок теплового випромінювання в атмосферу від елемента будівлі, Вт.

Розраховуємо значення сонячних теплонадходжень через елементи будівлі та заносимо отримані результати до таблиці 3.11 та 3.12 відповідно.

Таблиця 3.11 – Сонячні теплонадходження через непрозорі елементи

Місяць	$\Phi_{sol,k}$, Вт			
	Пн	Пд	Зх	Сх
Січень	109,6485	409,073	217,157	256,374
Лютий	215,2588	637,278	473,151	476,336
Березень	329,0203	874,612	716,954	799,81
Квітень	391,072	874,612	960,758	968,016
Травень	556,5433	920,253	1265,51	1278,55
Червень	649,6209	883,74	1350,84	1356,18
Липень	597,9111	911,125	1350,84	1382,06
Серпень	422,0979	993,278	1167,99	1175,04
Вересень	277,3105	993,278	875,426	877,444
Жовтень	163,549	710,304	460,961	463,397
Листопад	80,81333	345,175	192,777	204,618
Грудень	70,47137	317,791	156,206	165,801

Таблиця 3.12 – Сонячні теплонадходження через зашкленні елементи

Місяць	$\Phi_{sol,k}$, Вт			
	Пн	Пд	Зх	Сх
Січень	731,367	3467,33	740,5226	631,534
Лютий	1340,84	5351,75	1558,995	1142,77
Березень	2011,26	7311,55	2338,492	1894,6
Квітень	2376,94	7311,55	3117,99	2285,55
Травень	3352,1	7688,43	4092,362	3007,3
Червень	3900,62	7386,92	3963,589	2958,22
Липень	3516,78	7476,02	3928,667	3007,54
Серпень	2498,35	7992,95	3364,701	2573,05
Вересень	1634,85	7910,04	2845,166	2075,04
Жовтень	1036,1	5954,77	1520,02	1112,7
Листопад	548,525	2939,69	662,5729	511,241
Грудень	487,578	2713,56	545,6482	421,022

Теплонадходження від сонця до зони будівлі, що розглядається, для кожного місяця Q_{sol} , Вт год. розраховують за формулою [6]:

$$Q_{sol} = (\sum_k \Phi_{sol,mn,k})t, \quad (3.17)$$

де $\Phi_{sol,mn,k}$ – усереднений за часом тепловий потік від k-го джерела сонячного випромінювання, Вт;

t – тривалість місяця, що розглядається, виражена у годинах.

Розраховуємо та заносимо отримані значення теплонадходження від сонця до зони будівлі до таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Загальні сонячні надходження в будинок

Місяць	год., t	Q_{sol}
Січень	744,0	5498,138
Лютий	672,0	8658,784
Березень	744,0	14334,85
Квітень	720,0	16377,33
Травень	744,0	21099,27
Червень	720,0	21028,93
Липень	744,0	21392,17
Серпень	744,0	19149,31
Вересень	720,0	15422,09
Жовтень	744,0	10014,8
Листопад	720,0	4542,185
Грудень	744,0	4044,629

3.5. Динамічні параметри

Внутрішня теплоємність будівлі C_m , Вт · год/К, [6]:

$$C_m = C \cdot A_f, \quad (3.18)$$

де C – внутрішня теплоємність будівлі, приймаємо 80 Вт · год/ (м² · К);
 A_f – кондиціонована площа будівлі або зони будівлі, м².

$$C_m = 80 \cdot 3155,44 = 252435,2.$$

Часова константа зони будівлі τ , год, розраховують за формулою [6]:

$$\tau = \frac{C_m}{H_{tr,adj} + H_{ve,adj} + H_{ve,extra,adj}}, \quad (3.19)$$

де C_m – внутрішня теплоємність будівлі або зони будівлі, Вт · год/К;

$H_{tr,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією, Вт/К;

$H_{ve,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією, Вт/К;

$H_{ve,extra,adj}$ – репрезентативне значення загального коефіцієнта теплопередачі за рахунок додаткової вентиляції, Вт/К, приймають $H_{ve,extra,adj} = 0$ – для режиму опалення та для режиму охолодження.

– для режиму опалення

$$\tau = \frac{252435,2}{3219,15 + 3816,6 + 0} = 35,88.$$

– для режиму охолодження

$$\tau = \frac{252435,2}{2472,69 + 3816,6 + 0} = 40,14.$$

Безрозмірний числовий параметр a_H для опалення знаходиться за формулою [6]:

$$a_H = a_{H,0} + \frac{\tau}{\tau_{H,0}}, \quad (3.20)$$

де $a_{H,0}$ – довідковий безрозмірний числовий параметр, який дорівнює 1,0;

τ – часова константа зони будівлі, год;

$\tau_{H,0}$ – довідкова часова константа, яку приймають 15 год.

$$a_H = 1 + \frac{29,94}{15} = 3,0.$$

Безрозмірний числовий параметр a_C для охолодження знаходиться за формулою [6]:

$$a_C = a_{C,0} + \frac{\tau}{\tau_{C,0}}, \quad (3.21)$$

де $a_{C,0}$ – довідковий безрозмірний числовий параметр, який дорівнює 1,0;

τ – часова константа зони будівлі, год;

$\tau_{C,0}$ – довідкова часова константа, яку приймають 15 год.

$$a_C = 1 + \frac{33,94}{15} = 3,26.$$

Безрозмірний коефіцієнт використання надходжень $\eta_{H,gn}$ та $\eta_{C,gn}$ для режимів опалення та охолодження відповідно, розраховується для кожного місяця за формулами наведеними в [6], розрахунок здійснюється на підставі співвідношення надходжень і втрат теплоти для опалення γ_H та охолодження γ_C .

Розрахунок безрозмірних коефіцієнт використання надходжень для опалення $\eta_{H,gn}$ та охолодження $\eta_{C,gn}$ наведено в таблиці 3.14.

Таблиця 3.14 – Безрозмірні коефіцієнти

a_H	3,00
$a_{H,0}$	1
τ	29,94
$\tau_{H,0}$	15
C_m	195728
C	80
$A_{f,конд}$	3155,44
$H_{tr,adj}$	3219,15
$H_{tr,adj}$	2472,69
$H_{ve,adj}$	3816,6

3.6. Енергопотреба на опалення та охолодження

Енергопотребу для опалення $Q_{H,nd}$, кВт · год, за умови постійного опалення, розраховують за формулою [6]:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,cont} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} \cdot Q_{H,gn}, \quad (3.22)$$

де $Q_{H,nd,cont}$ – енергопотреба для постійного опалення будівлі, кВт · год;

$Q_{H,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі опалення, кВт · год;

$Q_{H,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі опалення, кВт · год;

$\eta_{H,gn}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень.

Енергопотребу для охолодження $Q_{C,nd}$, кВт · год, за умови постійного охолодження, розраховують за формулою [6]:

$$Q_{C,nd} = Q_{C,nd,cont} = Q_{C,ht} - \eta_{C,gn} \cdot Q_{C,gn}, \quad (3.23)$$

де $Q_{C,nd,cont}$ – енергопотреба для постійного охолодження будівлі, кВт · год;

$Q_{C,ht}$ – сумарна теплопередача в режимі охолодження, кВт · год;

$Q_{C,gn}$ – сумарні теплонадходження в режимі охолодження, кВт · год;

$\eta_{C,gn}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень.

Результати проведених розрахунків енергопотреби на опалення та охолодження для будівлі ССДНЗ №20 наведено в таблицях 3.16 та 3.18, а також сумарні тепловтрати в таблицях 3.15 та 3.17 відповідно. На рисунку 3.2 наведено енергопотреба в опаленні та охолодженні для ССДНЗ №20 по місяцям року.

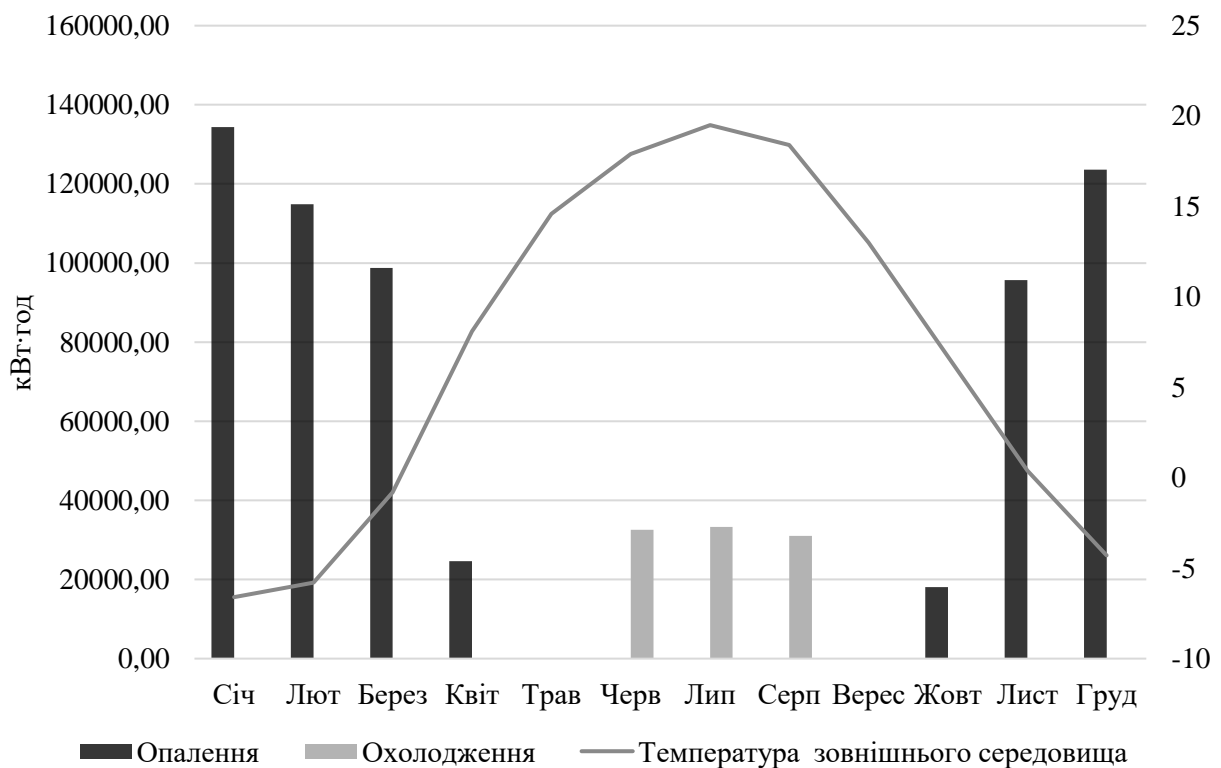


Рисунок 3.2 – Енергопотреба в опаленні та охолодженні.

Таблиця 3.15 – Сумарні тепловтрата для опалення

Місяць	θ_c	Теплопередача трансмisiєю, кВт·год	Теплопередача вентиляцією, кВт·год	Сумарні тепловтрата, кВт·год
Січень	-6,6	68 498,4	81 211	149 709,1
Лютий	-5,8	60 138,9	71 300	131 438,7
Березень	-0,8	54 607,1	64 741	119 348,5
Квітень	8,1	16 108,6	19 098	35 206,8
Травень	14,6	0,0	0	0,0
Червень	17,9	0,0	0	0,0
Липень	19,5	0,0	0	0,0
Серпень	18,4	0,0	0	0,0
Вересень	13,0	0,0	0	0,0
Жовтень	6,7	11 820,7	14 014	25 835,2
Листопад	0,4	50 064,2	59 355	109 419,7
Грудень	-4,3	62 989,8	74 680	137 669,5
Всього		324227,7	384399,7	708 627,3

Таблиця 3.16 – Енергопотреба для опалення

Місяць	Внутрішні тепло- надходження, кВт·год	Сонячні тепло- надходження, кВт·год	Сумарні тепло- надходження, кВт·год	Енергопотреба для охолодження, кВт·год
Січень	11 878,0	11 878,0	17 376,1	134339,38
Лютий	10 728,5	10 728,5	19 387,3	114885,94
Березень	11 878,0	11 878,0	26 212,8	98772,49
Квітень	11 494,8	11 494,8	27 872,1	24596,07
Травень	11 878,0	11 878,0	32 977,2	0,00
Червень	11 494,8	11 494,8	32 523,7	0,00
Липень	11 878,0	11 878,0	33 270,1	0,00
Серпень	11 878,0	11 878,0	31 027,3	0,00
Вересень	11 494,8	11 494,8	26 916,9	0,00
Жовтень	11 878,0	11 878,0	21 892,8	18060,93
Листопад	11 494,8	11 494,8	16 037,0	95712,77
Грудень	11 878,0	11 878,0	15 922,6	123579,13
Всього	139853,6	139853,6	301416,1	609946,70

Згідно результатів розрахунку річна енергопотреба на опалення складає

$$Q_{H,nd} = 609946,70 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Таблиця 3.17 – Сумарні тепловтрата для охолодження

Місяць	θ_c	Теплопередача трансмisiєю, кВт·год	Теплопередача вентиляцією, кВт·год	Сумарні тепловтрата, кВт·год
Січень	-6,6	0,0	0,0	0,0
Лютий	-5,8	0,0	0,0	0,0
Березень	-0,8	0,0	0,0	0,0
Квітень	8,1	0,0	0,0	0,0
Травень	14,6	0,0	0,0	0,0
Червень	17,9	2 433,1	3 756	6 188,6
Липень	19,5	1 916,3	2 958	4 874,2
Серпень	18,4	2 483,6	3 833	6 316,9
Вересень	13,0	0,0	0,0	0,0
Жовтень	6,7	0,0	0,0	0,0
Листопад	0,4	0,0	0,0	0,0
Грудень	-4,3	0,0	0,0	0,0
Всього		6833,0	10546,7	17 379,8

Таблиця 3.18 – Енергопотреба для охолодження

Місяць	Внутрішні тепло- надходження, кВт·год	Сонячні тепло- надходження, кВт·год	Сумарні тепло- надходження, кВт·год	Енергопотреба для охолодження, кВт·год
Січень	11 878,0	5 498,1	17 376,1	0,00
Лютий	10 728,5	8 658,8	19 387,3	0,00
Березень	11 878,0	14 334,9	26 212,8	0,00
Квітень	11 494,8	16 377,3	27 872,1	0,00
Травень	11 878,0	21 099,3	32 977,2	0,00
Червень	11 494,8	21 028,9	32 523,7	32526,38
Липень	11 878,0	21 392,2	33 270,1	33270,76
Серпень	11 878,0	19 149,3	31 027,3	31030,98
Вересень	11 494,8	15 422,1	26 916,9	0,00
Жовтень	11 878,0	10 014,8	21 892,8	0,00
Листопад	11 494,8	4 542,2	16 037,0	0,00
Грудень	11 878,0	4 044,6	15 922,6	0,00
Всього	139853,6	161562,5	301416,1	96828,12

Згідно результатів розрахунку річна енергопотреба на охолодження складає $Q_{c,nd} = 96828,12$ кВт·год.

3.7. Визначення питомого енергоспоживання при опаленні

Розрахунок загальних тепловтрат підсистем тепловіддачі/виділення $Q_{H,em,is}$, кВт · год, визнається за формулою [8]:

$$Q_{H,em,is} = \left(\frac{f_{hydr} \cdot f_{im} \cdot f_{rad}}{\eta_{em}} \right) \cdot Q_{H,em,out}, \quad (3.24)$$

де $Q_{H,em,out}$ – енергія виходу від підсистеми тепловіддачі/виділення, дорівнює енергопотребі для опалення $Q_{H,em,out} = Q_{Hnd}$, кВт · год;

f_{hydr} – коефіцієнт, що враховує гідравлічне налагодження системи;

f_{im} – коефіцієнт, що враховує застосування періодичного теплового режиму приміщення;

f_{rad} – коефіцієнт, що враховує променеву складову теплового потоку;

η_{em} – загальний рівень ефективності для тепловіддавальної складової системи у приміщенні, що визначають за формулою [8]:

$$\eta_{em} = \frac{1}{[4 - (\eta_{str} + \eta_{ctr} + \eta_{emb})]}, \quad (3.25)$$

де η_{str} – складова загального рівня ефективності, яка враховує вертикальний профіль температури повітря приміщення;

η_{ctr} – складова загального рівня ефективності, яка враховує регулювання температури приміщення;

η_{emb} – складова загального рівня ефективності, яка враховує питомі втрати зовнішніх огорожень (для вбудованих систем).

Енергія входу, необхідна для підсистеми тепловіддачі впродовж місяця $Q_{H,em,in,i}$, кВт · год, розраховується за формулою [8]:

$$Q_{H,em,in,i} = Q_{H,em,is} + Q_{Hnd}, \quad (3.26)$$

Утилізовані тепловтрати $Q_{H,dis,ls,rvd,i}$, кВт · год, розраховується за формулою [8]:

$$Q_{H,dis,ls,rvd,i} = Q_{H,dis,ls,rbl,i} \cdot 0,9 \cdot \eta_{H,gn,i}, \quad (3.27)$$

$\eta_{H,gn,i}$ – безрозмірний коефіцієнт використання надходжень для опалення впродовж місяця.

Тепловтрати підсистем розподілення впродовж місяця $Q_{H,dis,ls,i}$, кВт · год, розраховують за формулою [8]:

$$Q_{H,dis,ls,i} = \sum \Psi_{L,j} \cdot (\theta_{m,i} \cdot \theta_{i,j}) \cdot L_j \cdot t_{op,an,i}, \quad (3.28)$$

де $\Psi_{L,j}$ – лінійний коефіцієнт теплопередачі j -то трубопроводу, Вт/(м · К), визначається відповідно до типових значень лінійного коефіцієнта теплопередачі;

$\theta_{m,i}$ – середня температура теплоносія в зоні упродовж місяця, °С, приймається згідно температурного графіку;

$\theta_{i,j}$ – температура навколишнього середовища, °С;

L_j – довжина j -то трубопроводу, м;

$t_{op,an,i}$ – години опалення упродовж місяця, год;

j – індекс, що позначає трубопроводи з однаковими граничними умовами.

Неутилізовані тепловтрати підсистеми розподілення упродовж місяця, $Q_{H,dis,ls,nrvd,i}$, кВт · год, розраховується за формулою [8]:

$$Q_{H,dis,ls,nrvd,i} = Q_{H,dis,ls,nrbl,i} + (Q_{H,dis,ls,rbl,i} + Q_{H,dis,ls,rvd,i}), \quad (3.29)$$

де $Q_{H,dis,ls,nrbl,i}$ – неутилізаційні тепловтрати, кВт · год;

$Q_{H,dis,ls,rbl,i}$ – утилізаційні тепловтрати, кВт · год;

$Q_{H,dis,ls,rvd,i}$ – утилізовані тепловтрати, кВт · год.

Енергія входу в підсистему розподілення упродовж місяця $Q_{H,dis,in,i}$, кВт · год, розраховується за формулою [8]:

$$Q_{H,dis,in,i} = Q_{H,dis,ls,nrvd,i} + Q_{H,dis,out,ii}, \quad (3.30)$$

Загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж місяця $Q_{H,gen,ls,i}$, кВт · год, розраховуються за допомогою формули [8]:

$$Q_{H,gen,ls,i} = Q_{H,gen,out,i} \cdot (1 - \eta_{H,gen}) / \eta_{H,gen}, \quad (3.31)$$

де $Q_{H,gen,out,i}$ – енергія входу в підсистему розподілення упродовж місяця $Q_{H,gen,out,i} = Q_{H,dis,in,i}$, кВт · год;

$\eta_{H,gen}$ – показники ефективності підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти, що приймаються згідно з даними значень сезонної ефективності виробництва/генерування теплоти.

Річне енергоспоживання при опаленні $Q_{H,use}$, кВт · год, розраховується за формулою [8]:

$$Q_{H,use} = \sum Q_{H,gen,out,i} + \sum Q_{H,gen,ls,i}, \quad (3.32)$$

де $Q_{H,gen,out,i}$ – енергія виходу з підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж місяця, кВт · год;

$Q_{H,gen,ls,i}$ – загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж місяця, кВт · год.

Результати розрахунків річного енергоспоживання та енергії підсистеми при опаленні наведено в таблицях 3.19 та 3.20.

Таблиця 3.18 – Енергія підсистеми.

Місяць	$Q_{H,em,is}$	$Q_{H,em,out}$	$Q_{H,em,in,i}$	$\theta_{m,i}$	$Q_{H,dis,ls,nrvl,i}$
Січень	45037,3	134339,4	179376,7	76,2	2666,4
Лютий	38515,5	114885,9	153401,4	74,6	2347,4
Березень	33113,5	98772,5	131886,0	64,6	2177,0
Квітень	8245,8	24596,1	32841,9	45	653,3
Травень	0,0	0,0	0,0	0	0,0
Червень	0,0	0,0	0,0	0	0,0
Липень	0,0	0,0	0,0	0	0,0
Серпень	0,0	0,0	0,0	0	0,0
Вересень	0,0	0,0	0,0	0	0,0
Жовтень	6054,9	18060,9	24115,9	47,9	475,0
Листопад	32087,7	95712,8	127800,5	61,8	1992,4
Грудень	41429,9	123579,1	165009,0	71,6	2472,3
Всього	204484,6	609946,7	814431,3	-	12783,7

Таблиця 3.19 – Річне енергоспоживання при опаленні.

Місяць	$Q_{H,dis,ls,rvbl,i}$	$Q_{H,dis,ls,rvd,i}$	$Q_{H,dis,ls,nrvd,i}$	$Q_{H,dis,ln,i}$	$Q_{Hgen,ls,i}$	Q_{huse}
Січень	2666,4	71741,5	57111,7	17296,2	196672,9	120541,4
Лютий	2347,4	62885,9	48322,4	16910,9	170312,3	104385,0
Березень	2177,0	56387,3	39835,5	18728,7	150614,7	92312,2
Квітень	653,3	14730,9	5047,1	10337,0	43178,9	26464,5
Травень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Червень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Липень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Серпень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Вересень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Жовтень	475,0	11058,8	3534,4	7999,5	32115,3	19683,6
Листопад	1992,4	50981,7	39216,8	13757,3	141557,8	86761,2
Грудень	2472,3	65652,8	52288,3	15836,8	180845,8	110841,0
Всього	12783,7	333438,8	245356,2	100866,3	915297,7	560988,9

Згідно отриманих результатів розрахунку річне енергоспоживання при опаленні $Q_{H,use} = 1476286,5$ кВт · год.

Питоме енергоспоживання при опаленні $EP_{H,use}$, кВт · год/м³, [8]:

$$EP_{H,use} = Q_{H,use}/V, \quad (3.33)$$

де $Q_{H,use}$ – річне енергоспоживання будівлі на опалення, кВт · год;

V – кондиціонований (опалювальний) об'єм будівлі, м³.

Питоме енергоспоживання при опаленні $EP_{H,use}$, кВт · год/м³:

$$EP_{H,use} = \frac{1476286,5}{7339,8} = 201,13.$$

3.8. Визначення питомого енергоспоживання при охолодженні

Річні тепловтрати підсистемою розподілення охолодження $Q_{C,dis,ls}$, кВт · год, визначають за формулою [8]:

$$Q_{C,dis,ls} = Q_{C,nd} \cdot \left((1 - \eta_{C,ce}) + (1 - \eta_{C,ce,sens}) + (1 - \eta_{C,d}) \right), \quad (3.34)$$

де $Q_{C,nd}$ – річні енергопотреби для охолодження, кВт · год;

$\eta_{C,ce}$ – ступінь утилізації теплообміну системі охолодження;

$\eta_{C,ce,sens}$ – ступінь явної утилізації теплообміну при охолодженні в системі охолодження;

$\eta_{C,d}$ – ступінь утилізації підсистеми розподілення.

Енергію входу $Q_{C,dis,in}$, кВт · год, яка необхідна для підсистеми розподілення визначають за формулою [8]:

$$Q_{C,dis,in} = Q_{C,dis,out,i} + Q_{C,dis,ls}, \quad (3.35)$$

де $Q_{C,dis,out,i}$ – енергію виходу для підсистеми розподілення, приймають рівною енергопотребі для охолодження у даному місяці $Q_{C,nd}$, кВт · год;

$Q_{C,dis,ls}$ – річні тепловтрати підсистемою розподілення охолодженого повітря, кВт · год.

Загальна енергія виходу з підсистем виробництва та акумулювання при охолодженні $Q_{C,gen,out}$, кВт · год, знаходимо за формулою [8]:

$$Q_{C,gen,out} = Q_{C,dis,in} / \eta_{C,oc}, \quad (3.36)$$

$\eta_{C,oc}$ – ефективність автоматичного управління/регулювання, залежно від класу ефективності системи управління/регулювання, приймається 0,82.

Загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання $Q_{C,gen,ls}$, кВт · год, розраховуються за формулою [8]:

$$Q_{C,gen,ls} = Q_{C,gen,out} \cdot (1 - \eta_{C,gen}) / \eta_{C,gen}, \quad (3.37)$$

$\eta_{C,gen}$ – показник ефективності підсистеми виробництва/генерування та акумулювання, приймається 2,25.

Річне енергоспоживання при охолодженні $Q_{C,use}$, кВт · год, [8]:

$$Q_{C,use} = Q_{C,gen,ls} + Q_{C,gen,out}, \quad (3.38)$$

де $Q_{C,gen,ls}$ – загальні тепловтрати підсистеми виробництва/генерування та акумулювання, кВт · год;

$Q_{C,gen,out}$ – енергія виходу від підсистем виробництва/генерування та акумулювання, кВт · год.

Результати розрахунків річного енергоспоживання при охолодженні наведено в таблиці 3.20.

Таблиця 3.20 Річне енергоспоживання при охолодженні.

Місяць	$Q_{c,nd}$	$Q_{c,dis,is}$	$Q_{c,dis,in}$	$Q_{c,gen,out}$	$Q_{c,gen,is}$	$Q_{c,use}$
Січень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Лютий	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Березень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Квітень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Травень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Червень	32526,4	7481,1	40007,5	48789,6	-27105,3	21684,3
Липень	33270,8	7652,3	40923,0	49906,1	-27725,6	22180,5
Серпень	31031,0	7137,1	38168,1	46546,5	-25859,1	20687,3
Вересень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Жовтень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Листопад	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Грудень	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Всього	96828,1	22270,5	119098,6	145242,2	-80690,1	64552,1

Згідно отриманих результатів розрахунку річне енергоспоживання при охолодженні $Q_{c,use} = 59433,5$ кВт · год.

Питоме енергоспоживання при охолодженні $EP_{C,use}$, кВт · год/м³, розраховується за формулами [8]:

$$EP_{C,use} = Q_{c,use}/V, \quad (3.39)$$

де $Q_{c,use}$ – річне енергоспоживання при охолодженні, кВт · год;

V – кондиціонований (опалювальний) об'єм будівлі, м³.

$$EP_{H,use} = \frac{64552,1}{7339,8} = 8,79.$$

3.9. Визначення класу енергетичної ефективності будівлі

Загальний показник питомого енергоспоживання при опаленні, охолодженні та постачанні гарячої води EP , кВт · год/м³, розраховується за формулою [8]:

$$EP = EP_{H,use} + EP_{C,use} + EP_{DHW,use}, \quad (3.40)$$

де $EP_{H,use}$ – питома енергоспоживання при опаленні, кВт · год/м³;

$EP_{C,use}$ – питома енергоспоживання при охолодженні, кВт · год/м³;

$EP_{DHW,use}$ – питома енергоспоживання гарячого водопостачання, кВт · год/м³.

$$EP = 201,13 + 8,79 = 209,92.$$

Тобто, відповідно до таблиці 4 [8] та отриманих результатів розрахунків клас енергоефективності будівлі ССДНЗ № 20 становить «G».

3.10. Енергоспоживання системи вентиляції будівлі

Електрична потужність вентиляторів P_{el} , кВт [9]:

$$P_{el} = SFP \cdot V_l / 3600, \quad (3.41)$$

де SFP – питома потужність вентилятора системи механічної вентиляції, кВт/(м³/с), приймається 1;

V_l – об'ємна витрата повітря в системі механічної вентиляції, м³/год.

$$P_{el} = 1 \cdot 14679,6 / 3600 = 4,08.$$

Енергоспоживання припливного та витяжного вентиляторів системи вентиляції $Q_{V,sys,fan}$, кВт · год, розраховується за формулою [6]:

$$Q_{V,sys,fan} = P_{el} \cdot t_v, \quad (3.42)$$

t_v – час роботи системи вентиляції, год.

$$Q_{V,sys,fan} = 4,08 \cdot 8760 = 35720,36.$$

Питоме енергоспоживання при охолодженні $EP_{C,use}$, кВт · год/м³, розраховується за формулами [6]:

$$EP_{V,use} = Q_{V,sys,fan}/V, \quad (3.43)$$

де V – кондиціонований (опалювальний) об'єм будівлі, м³.

$$EP_{V,use} = \frac{35720,36}{7339,8} = 4,87.$$

3.11. Розрахунок питомого енергоспоживання при освітленні

Енергія, необхідна для забезпечення заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення, та енергія для управління/регулювання освітленням в будівлі W_P , кВт · год, розраховуються за формулою [6]:

$$W_P = (P_{em} + P_{pc}) \cdot A_f, \quad (3.44)$$

де P_{em} – загальна встановлена питома потужність заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення, кВт · год/м²;

P_{pc} – загальна встановлена питома потужність систем управління освітлення зони в час, коли лампи не використовують, кВт · год/м²;

A_f – кондиціонована (опалювана) площа будівлі, м².

$$W_p = (1 + 5) \cdot 2446,6 = 14679,6.$$

Обсяг енергії, необхідної для виконання функції штучного освітлення в будівлі W_L , кВт · год, розраховується за формулою [6]:

$$W_L = (P_N \cdot F_C) \cdot ([t_D \cdot F_0 \cdot F_D + t_N \cdot F_0]) \cdot A_f / 1000, \quad (3.45)$$

де P_N – питома потужність встановленого штучного освітлення в будівлі, Вт/м;

F_C – постійний коефіцієнт яскравості, що відноситься до використання встановлення освітлення при функціонуючому контролі сталої освітленості зони;

F_0 – коефіцієнт використання освітлення, який є відношенням використання загальної встановленої потужності штучного освітлення до періоду використання зони;

F_D – коефіцієнт природного освітлення, який є відношенням використання загальної встановленої потужності штучного освітлення до наявного природного освітлення зони;

t_D – час використання природного освітлення протягом року, год;

t_N – час використання штучного освітлення протягом року, год;

A_f – кондиціонована (опалювана) площа будівлі, м.

$$W_L = (7,39 \cdot 1) \cdot ((1800 \cdot 1 \cdot 1) + (200 \cdot 1)) \cdot 2446,6 / 1000 = 36160,748.$$

Річний обсяг енергоспоживання при освітленні (W_{use}), кВт · год [6]:

$$W_{use} = W_L + W_P, \quad (3.46)$$

де W_L – енергія, необхідна для виконання штучного освітлення, кВт · год;

W_P – енергія, необхідна для забезпечення заряду акумуляторів світильників аварійного освітлення, та енергія для управління/регулювання освітленням в будівлі, кВт · год.

$$W_{use} = 36160,748 + 14679,6 = 50840,348.$$

Питоме енергоспоживання при освітленні ($EP_{W,use}$), кВт · год/м² [6]:

$$EP_{W,use} = W_{use}/A_f, \quad (3.47)$$

де W_{use} – річний обсяг енергоспоживання при освітленні кВт · год;

A_f – кондиціонована (опалювана) площа будівлі, м.

$$EP_{W,use} = \frac{50840,348}{2446,6} = 20,8.$$

3.12. Розрахунок первинної енергії та викидів парникових газів

Первинна енергія E_p , кВт · год, обчислюється для кожного енергоносія та розраховується за формулою [9]:

$$E_p = \sum(E_{del,i} \cdot f_{p,del}), \quad (3.48)$$

де $E_{del,i}$ – поставлена енергія, кВт · год;

$f_{p,del}$ – фактор первинної енергії для і-го поставленого енергоносія.

$$E_p = 35720,36 \cdot 2,3 + 65570,04 \cdot 2,3 + 1476286,5 \cdot 1,3 + 64552,1 \cdot 1,3$$

$$= 2236058,15.$$

Питомий показник споживання первинної енергії e_p , кВт · год/м², розраховується за формулою [6]:

$$e_p = E_p/A_f, \quad (3.49)$$

$$e_p = \frac{2236058,15}{3155,44} = 708,63.$$

Маса викидів парникових газів m_{CO_2} , кг, розраховується з поставленої та експортованої енергії для кожного енергоносія за формулою [6]:

$$m_{CO_2} = \sum(E_{del,I} \cdot K_{del,I})/1000, \quad (3.50)$$

де $E_{del,I}$ – поставлена енергія і-го енергоносія, кВт · год;

$K_{del,I}$ – коефіцієнт викидів CO₂, г/кВт · год.

$$m_{CO_2} = \frac{35720,36 \cdot 420 + 65570,04 \cdot 420 + 1476286,5 \cdot 260 + 64552,1 \cdot 260}{1000}$$

$$= 443160,01.$$

Питомий показник викидів парникових газів M_{CO_2} , кг/м², розраховується за формулою [6]:

$$M_{CO_2} = m_{CO_2}/A_f, \quad (3.51)$$

де m_{CO_2} – маса викидів парникових газів, кг;

A_f – кондиціонована (опалювана) площа будівлі, м.

Тоді питомий показник викидів парникових газів буде дорівнювати:

$$M_{CO_2} = \frac{443160,01}{3155,44} = 140,44.$$

3.13. Висновки до розділу

В цьому розділі проводилися розрахунки річної енергопотреби будівлі на опалення, яке дорівнює $Q_{H,nd} = 609946,70$ кВт · год, а також на охолодження $Q_{C,nd} = 96828,12$ кВт · год. З розрахунків було визначено значення загального показника питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні, що склав $EP = 209,92$ кВт · год/м³.

Аналіз одержаних результатів показав, що значення питомого енергоспоживання будівлею при опаленні є більшими ніж мінімальне значення, та згідно з [6] отримане значення відповідає класу «G» енергоефективності будівлі.

За допомогою розрахунків ми можемо підтвердити, що в ССДНЗ №20 СМР наявні тепловтрати, тому для усунення подальших втрат, треба проводити заходи з підвищення енергетичної ефективності.

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

4.1. Запропоновані заходи

В таблиці 4.1 наведено перелік рекомендованих для впровадження в ССДНЗ №20 енергозберігаючих заходів.

Таблиця 4.1 – Енергозберігаючі заходи

Захід	Пакет А	Пакет Б
Теплоізоляція зовнішніх стін (100 мм)	<input checked="" type="checkbox"/>	
Теплоізоляція зовнішніх стін (150 мм)		<input checked="" type="checkbox"/>
Теплоізоляція горища (250 мм)	<input checked="" type="checkbox"/>	
Теплоізоляція горища (300 мм)		<input checked="" type="checkbox"/>
Встановлення системи моніторингу	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Заміна існуючого освітлення світлодіодним освітленням	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Всі розрахунки у розділі проводилися з прив'язкою до діючих тарифів на енергоносії. Це потрібно для визначення загальної суми витрат на них та знаходження економії коштів від введення енергозберігаючих заходів. В таблиці 4.2 наведено діючі тарифи на енергоносії для дитячих дошкільних закладів.

Таблиця 4.2 – Тарифи на енергоносії

Енергоносії	Тариф, грн
Електроенергії, кВт · год	5,00
Централізоване теплопостачання, Гкал	2630,57

4.1.1. Теплоізоляція зовнішніх стін

Зовнішні стіни будівлі знаходяться в задовільному стані, але їх теплозахисні властивості не відповідають нормам. Середній коефіцієнт теплопередачі стін становить $U_{\text{стіна}} = 1,1 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, а згідно з [] має дорівнювати $U_{\text{стіна}}^{\text{макс}} = 0,30 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

Для того щоб зовнішні стіни відповідали нормам, рекомендується провести заходи по теплоізоляції зовнішніх стін будівлі з використанням мінеральної вати.

Необхідна товщина теплоізоляційного шару для утеплення стін визначається за формулою [10] :

$$\delta_{\text{ут}} = \left[R_{q \text{ min}} - \left(\frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i \text{ п}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} \right) \right] \cdot \lambda_{\text{ут}} = [R_{q \text{ min}} - R_{\Sigma \text{ пр}}] \cdot \lambda_{\text{ут}}, \quad (4.1)$$

де $\lambda_{\text{ут}}$ – теплопровідність теплоізоляційного матеріалу, Вт/(м·К);

$\alpha_{\text{в}}$ та $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій відповідно, Вт/(м²·К);

$\lambda_{i \text{ п}}$ – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції у розрахункових умовах експлуатації, Вт/(м·К);

δ_i – товщина і-го шару огорожувальної конструкції, м;

n – кількість шарів у конструкції за напрямком теплового потоку;

$R_{q \text{ min}}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорі огорожувальної конструкції, м²·К/Вт.

Визначимо товщину шару теплоізоляції, необхідної для забезпечення опору 3,3 м²·К/Вт [11]

Теплопровідність мінеральної вати становить 0,045 Вт/м² · К.

$$\delta_{\text{ут}} = [3,3 - 0,91] \cdot 0,045 = 0,108 \text{ м.}$$

На вибір пропонуємо два пакети (А та Б) енергозберігаючих заходів. В пакеті А пропонується використовувати ізоляцію мінімально-рекомендованою товщиною 100 мм. Для пакету Б – 150 мм.

Монтаж теплоізоляції здійснюється після попереднього демонтажу, очищення та підготовки поверхонь.

Згідно з [13,14] вартість проведення утеплення 1 м² фасаду будівлі мінеральною ватою, з урахуванням усіх необхідних матеріалів (щільність - 135 кг / м², клейова суміш, лугостійка скляна сітка для фасаду 160 г / м, ґрунтовка, дюбель з металевим штифтом, фарба для фасаду (атмосферостійка), установка та герметизація козирка) з урахуванням заробітної плати для теплоізоляції товщиною 100 мм становить 1400 грн за м², а для 150 мм – 1650 грн за м².

В таблиці 4.3 наведено техніко-економічний аналіз запропонованих заходів.

Таблиця 4.3 – Техніко-економічний аналіз заходів з утеплення стін

Параметр	Величина	Значення	
		Пакет А	Пакет Б
U-значення до	Вт/м ² · К	1,10	
U-значення після	Вт/м ² · К	0,32	0,24
Енергоспоживання до	кВт · год	1476286,5	
Енергоспоживання після	кВт · год	1302086,8	1282841,1
Економія	%	12,8	13,1
Інвестиційні параметри			
Кількість	м ²	1668	
Інвестиції	грн	2 335200	2 752200

4.1.2. Теплоізоляція перекриття горища

Під час перевірки горища будівлі, не було виявлено жодних пошкоджень. Вся площа поверхні покрита рубероїдом. Можна зазначити, що горище знаходяться у задовільному технічному стані, але під час проведення дослідження було виявлено, що коефіцієнт термічного опору конструкції не відповідає мінімально допустимим встановленим нормам.

Коефіцієнт теплопередачі горища будівлі становить $U_{\text{горище}} = 0,62 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, а згідно з [10] повинен дорівнювати $U_{\text{горище}}^{\text{макс}} = 0,20 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

Визначимо товщину шару теплоізоляції, необхідної для забезпечення опору $4,95 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ [11]

$$\delta_{\text{ут}} = [4,95 - 1,62] \cdot 0,045 = 0,149 \text{ м.}$$

Для покращення показників пропонується провести заходи по теплоізоляції горища з використанням мінеральної вати. Для пакету А рекомендується використовувати ізоляцію товщиною 150 мм (мінімально-необхідне значення), а для пакету Б – 200 мм.

Теплопровідність мінеральної вати становить $0,045 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$. Монтаж теплоізоляції здійснюється після попереднього демонтажу, очищення та підготовки поверхонь.

Згідно з [13,14] вартість робіт з утеплення 1 м^2 горища мінеральною ватою, з урахуванням усіх необхідних матеріалів та оплати праці, для теплоізоляції товщиною 150 мм становить 1000 грн, а для 200 мм – 1350 грн.

В таблиці 4.4 наведено техніко-економічний аналіз запропонованих заходів з утеплення суміщеного перекриття, розрахунок економії наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Техніко-економічний аналіз заходів з утеплення перекриття горища

Параметр	Величина	Значення	
		Пакет А	Пакет Б
U-значення до	Вт/м ² · К	0,62	
U-значення після	Вт/м ² · К	0,20	0,16
Енергоспоживання до	кВт · год	1476286,5	
Енергоспоживання після	кВт · год	1390167,2	1381916,8
Економія	%	5,8	6,4
Інвестиційні параметри			
Кількість	м ²	1223,3	
Інвестиції	грн	1223300	1651455

4.4 Встановлення індивідуального теплового пункту з модернізацією системи опалення

Для того щоб будівля ССДНЗ №20 мала більший рівень енергозбереження, пропонується встановлення нового індивідуального теплового пункту та здійснити модернізацію системи опалення. Встановлення такої підстанції з автоматичним регулюванням температури є одним з основних заходів з підвищення енергоефективності. Ця система дозволяє адаптувати споживання тепла будівлею до її поточного фактичного рівня споживання залежно від зовнішньої температури.

Тепловий пункт повинен включати:

- циркуляційні насоси з частотним регулюванням;
- датчики температури подавального та зворотного трубопроводів;
- датчик та контролер зовнішньої температури;
- датчики тисків та контролер об'ємного потоку;
- клапани, необхідні для нормальної роботи (закриваючі, запобіжні);
- фільтри та сепаратори бруду.

Стан труб та радіаторів опалення в будівлі є незадовільний. Труби на подачу води для будівлі будівля ССОДНЗ №20 та самі бойлери зношені, відсутня теплоізоляція, пошкодженні корозією та мають накип, що запобігає нормальній роботі системи (див. рис 4.1). По всій будівлі встановлені застарілі радіатори типу чавунні секційні МС-140 або пластинчаті радіатори. Рекомендовано здійснити заміну старої системи опалення на нову та модернізовану.

Для цього необхідно:

- здійснити заміну та ізоляцію труб розподілення опалення;
- провести гідравлічне балансування системи;
- замінити радіатори;
- встановити термостатичні регулятори.



Рис.4.1 – підвальне приміщення з бойлерами.

В таблиці 4.5 наведено техніко-економічний аналіз заходу з встановлення індивідуального теплового пункту з модернізацією системи опалення. Вартість взята відповідно до [14,15].

Таблиця 4.5 – Техніко-економічний аналіз заходу з модернізації системи опалення

Параметр	Величина	Значення	
Енергоспоживання до	кВт · год	1476286,5	
Енергоспоживання після	кВт · год	756796,4	
Економія	%	51,26	
Інвестиційні параметри			
Обладнання	Ціна за одиницю, грн	Кількість одиниць	Загалом, грн
Демонтаж старої системи опалення (робота)	250000	1	250000
Встановлення індивідуального теплового пункту	470000	1	470000
Алюмінієві радіатори Опалення тип А	3500	74	259000
Алюмінієві радіатори Опалення тип Б	3200	32	102400
Трубопровідна арматура та трубопровід	600000	440	600000
Встановлення балансувальних клапанів та балансування системи опалення	280000	1	280000
Встановлення нової системи опалення (робота)	260000	1	260000
Всього			2221400

4.1.3. Модернізація системи освітлення

Під час проведення енергетичного аудиту було помічено, що освітлення переважно здійснюється лампами розжарювання.

Даний захід передбачає заміну неефективних ламп, на які припадає основне навантаження системи освітлення, на нове та більш ефективне LED освітлення. Нове освітлення повинно зменшити навантаження та водночас забезпечити необхідний рівень освітлення в дитячих та кабінетах.

Місця встановлення нових засобів освітлення визначаються на етапі проектування, це необхідно для того, щоб система освітлення відповідала всім діючим вимогам [16,17]. В таблиці 4.6 наведено параметри існуючої системи освітлення та системи після її модернізації.

Ламп розжарювання 205 штук по 75 Вт і 45 штук по 60 Вт. Ламп люмінесцентних 20 штук по 18 Вт кожна. Загальна потужність освітлення 20,23 кВт.

Таблиця 4.6 – Параметри системи освітлення

Тип ламп	До		Після	
	Кількість, шт.	Потужність, Вт	Кількість, шт.	Потужність, Вт
Лампи розжарювання	205	75	-	-
Лампи розжарювання	45	60	-	-
Люмінесцентні лампи	20	18	-	-
LED освітлення	-	-	205	5
LED освітлення	-	-	75	8
LED освітлення	-	-	20	10
Навантаження		20,23 кВт		1,82 кВт

Таблиця 4.6 – Система освітлення

Параметр	Величина	Значення	
Споживання електроенергії до	кВт · год	52755,54	
Споживання електроенергії після	кВт · год	4758,04	
Економія	%	91	
Інвестиційні параметри			
Обладнання	Кількість, шт.	Ціна за одиницю, грн	Інвестиції, грн
LED світильники (Компактні) 5 Вт	205	60	20500
LED світильники (Компактні) 8 Вт	75	80	
LED світильники (Компактні) 10 Вт	205	110	

В таблиці 4.6 наведено техніко-економічний аналіз заходу з модернізації системи освітлення та її інвестиційні параметри. Вартість обладнання взята з [16].

4.1.4. Результати розрахунків ефекту від впровадження заходів

В таблиці 4.7 наведено результати розрахунку економії енергоносіїв, коштів та терміну окупності пакету А. На рисунку 4.2 наведено відношення , а на 4.3 рисунку зображено отриманий від них ефект.

Таблиця 4.7 – Енергоефективні заходи пакету А

Захід з енергозбереження	Загальні інвестиції, грн	Економія енергії		Економія коштів, грн	Простий термін окупності, роки
		Теплової, кВт · год	Електричної, кВт · год		
Теплоізоляція зовнішніх стін (100 мм)	2335200	174199,7	-	240395,59	9,7
Теплоізоляція даху (150 мм)	1223300	86119,3	-	111955,09	10,2
Встановлення індивідуального теплового пункту з модернізацією системи опалення	2221400	709490,1	-	922337,13	2,4
Модернізація освітлення	20500	-	47970,5	239987,5	0,1
Всього (А)	5800400	969809,1	47970,5	1500604,33	3,9

Загальні сума інвестицій пакету А складає 5800400 грн, а термін окупності становить 3,9 роки.



Рисунок 4.2 – Інвестиції пакету А

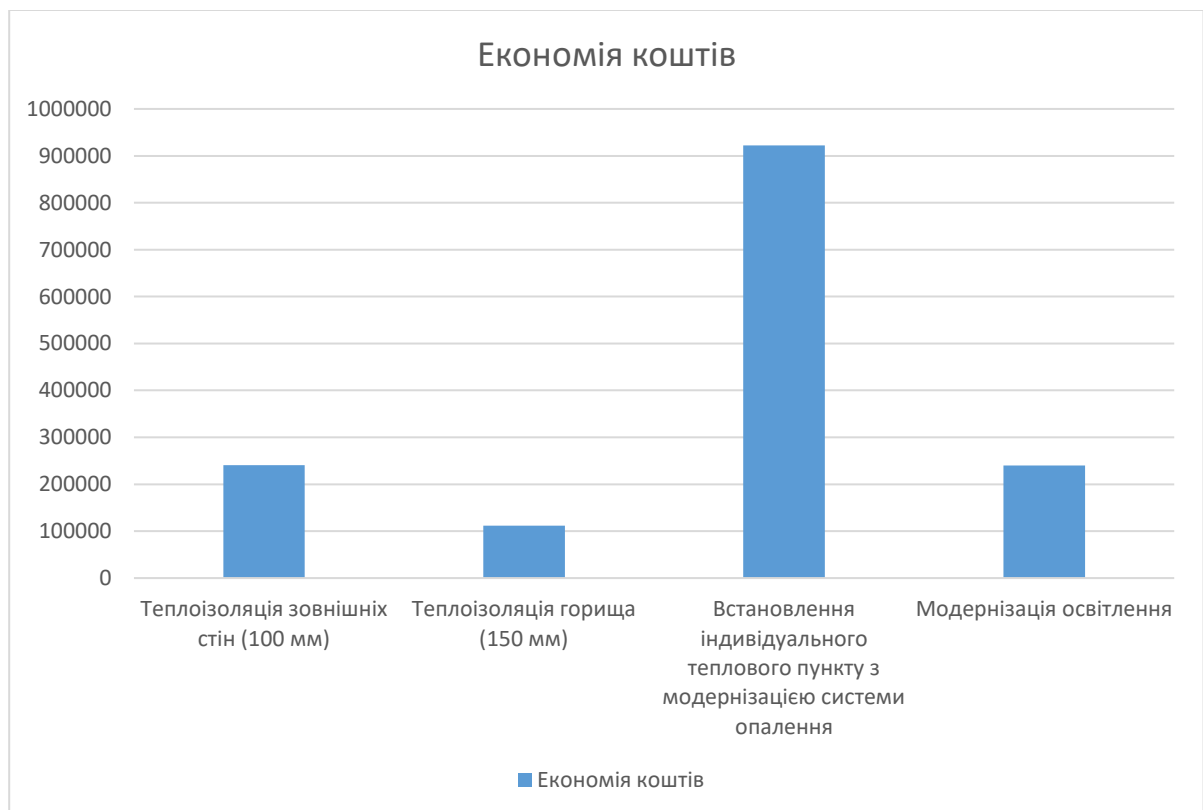


Рисунок 4.3 – Економія пакету А

В таблиці 4.8 наведено результати розрахунку економії енергоносіїв, коштів та терміну окупності пакету Б. На рисунку 4.3 наведено відношення , а на 4.4 рисунку зображено отриманий від них ефект.

Таблиця 4.8 – Енергоефективні заходи пакету Б

Заходи з енергозбереження	Загальні інвестиції, грн	Економія енергії		Економія коштів, грн	Простий термін окупності, роки
		Теплової, кВт · год	Електричної, кВт · год		
Теплоізоляція зовнішніх стін (150 мм)	2 752200	193445,4	-	251479,02	10,9
Теплоізоляція даху (200 мм)	1651455	193445,4	-	251479,02	10,9
Встановлення індивідуального теплового пункту з модернізацією системи опалення	2221400	709490,1	-	922337,13	2,4
Модернізація освітлення	20500	-	47970,5	239987,5	0,1
Всього (Б)	6645555	997305,1	47970,5	1536349,13	4,3

Загальні сума інвестицій пакету Б складає 6645555 грн, а термін окупності становить 4,3 роки.



Рисунок 4.3 – Інвестиції пакету Б

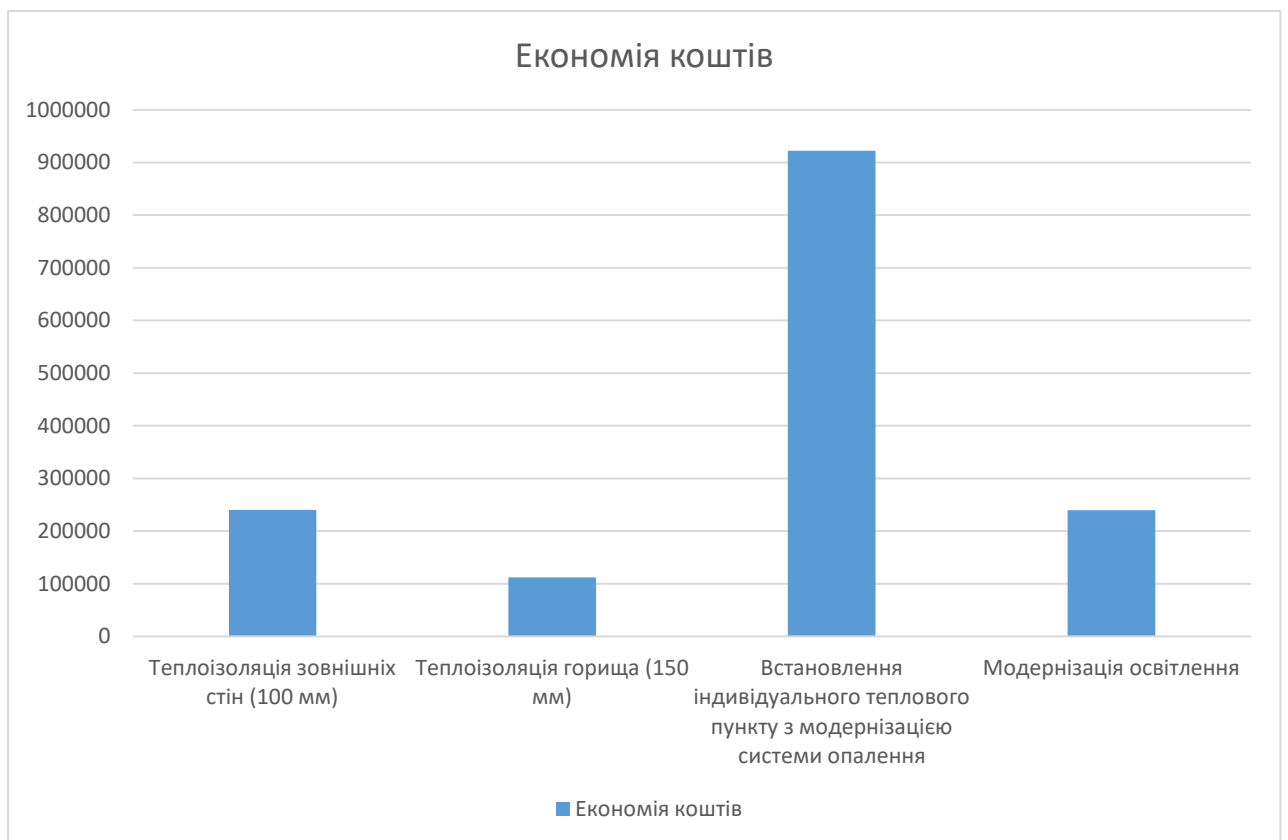


Рисунок 4.4 – Економія пакету Б

Заходи з підвищення енергоефективності в цілому сприяють зменшенню споживання енергії та витрат на енергію, а також зменшенню викидів CO_2 .

В таблиці 4.9 наведено дані щодо рівня викидів парникових газів до та після впровадження заходів з пакету А та Б. На рисунку 4.5 показано відношення викидів парникових газів після впровадження різних пакетів.

Таблиця 4.9 – Викиди парникових газів

Назва	Початкові викиди CO_2 , кг/ м ²	Кінцеві викиди CO_2 , кг/ м ²	Скорочення викидів CO_2 , кг/ м ²
Пакет А	140,44	39,47	100,97
Пакет Б	140,44	37,28	103,16

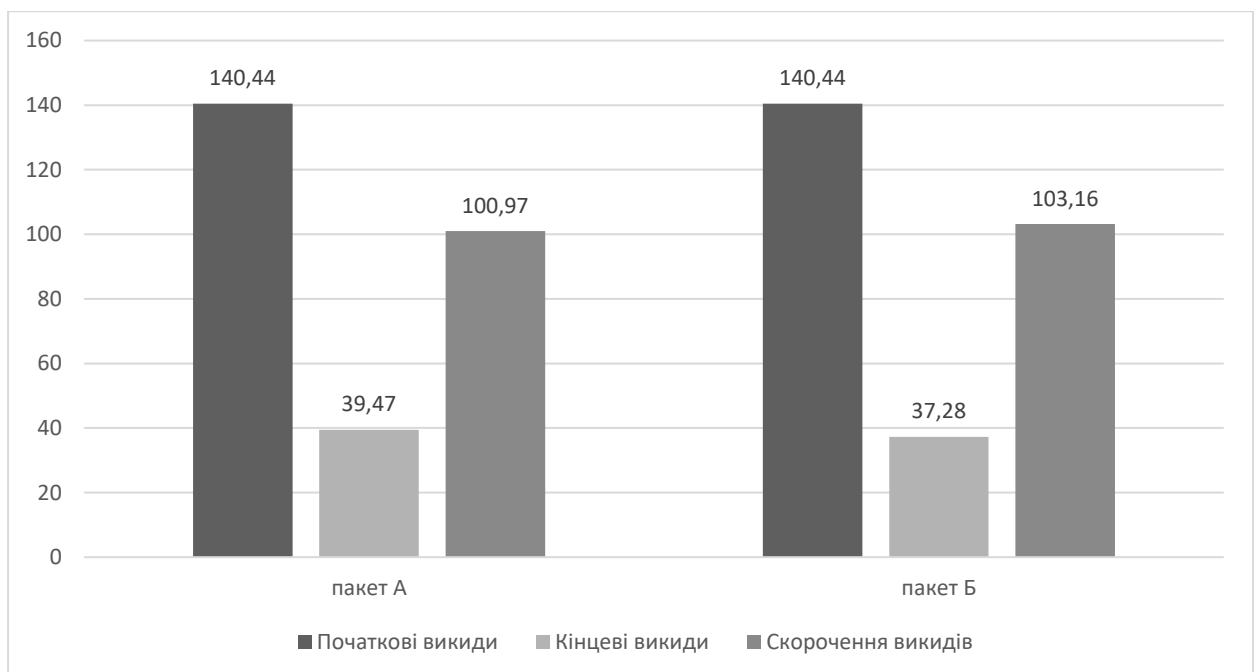


Рисунок 4.5 – Викиди парникових газів

На графіку ми бачимо, що різниця викидів парникових газів між пакетами є незначною.

4.1.5. Оцінка ефективності інвестицій

При наявності декількох проектів потрібно зробити оцінку аналізу інвестицій. Ця оцінка дозволить зробити висновки, щодо інвестицій, дасть змогу їх порівняти та відсіяти недостатньо ефективні на етапах розрахунку дисконтованого терміну окупності DPP, чистої приведеної вартості NPV, внутрішньої норми рентабельності IRR та індексу прибутковості PI.

При разовому здійсненні інвестиційних витрат NPV може бути визначений за формулою [18]:

$$NPV = \sum_{t=t_n}^T \frac{P_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (4.2)$$

Оцінка ефективності інвестицій пакетів А та Б:

1) Пакет А. В таблиці 4.10 приведено розрахунок значення чистої приведеної вартості NPV для пакету А.

Таблиця 4.10 – Чиста приведена вартість пакету А

Рік	Інвестиція	Економія	Коефіцієнт дисконтування	Дисконтовані грошові потоки	Дисконтоване сальдо
	-5800400	1500604,33	1	5800400	-5800400
1	0	1500604,33	0,909	1364049,336	-4436350,664
2	0	1500604,33	0,826	1239499,177	-3196851,487
3	0	1500604,33	0,751	1126953,852	-2069897,636
4	0	1500604,33	0,683	1024912,757	-942943,7838
5	0	1500604,33	0,621	931875,2889	81968,9736

З таблиця 4.10 видно, що сума дисконтованих надходжень, розрахованих наростаючим підсумком, який перекиватиме суму дисконтованих інвестиційних витрат припадає на 5 рік.

$$NPV = 9966449,69 - 5800400 = 4166049,69 \text{ грн}$$

Згідно з [18], результат розрахунку NPV є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту. У даному випадку $NPV > 0$, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим).

Індекс прибутковості PI пакету А дорівнює:

$$PI_A = \frac{9966449,69}{5800400} = 1,72$$

Внутрішня норма рентабельності IRR пакету А становить 21,41 %.

2) Пакет Б. В таблиці 4.12 приведено розрахунок значення чистої приведеної вартості NPV для пакету Б.

Таблиця 4.11 – Чиста приведена вартість пакету Б

Рік	Інвестиція	Економія	Коефіцієнт дисконтування	Дисконтовані грошові потоки	Дисконтоване сальдо
	-6645555	1536349,13	1	6645555	-6645555
1	0	1536349,13	0,909	1396541,359	-5249013,641
2	0	1536349,13	0,826	1269024,381	-3979989,259
3	0	1536349,13	0,751	1153798,197	-2826191,063
4	0	1536349,13	0,683	1049326,456	-1672392,866
5	0	1536349,13	0,621	954072,8097	-623066,4104
6	0	1536349,13	0,564	866500,9093	331006,3993

З таблиця 4.11 видно, що , сума дисконтованих надходжень, розрахованих нарастаючим підсумком, який перекиє суму дисконтованих інвестиційних витрат припадає на 6 рік.

$$NPV = 9496865,31 - 6645555 = 2851310,31 \text{ грн}$$

Згідно з [20], результат розрахунку NPV є орієнтовним критерієм прийняття рішення щодо інвестування енергоощадного проекту. У даному випадку $NPV > 0$, дисконтовані результати перевищують дисконтовані витрати. Проект є ефективним (прибутковим).

Індекс прибутковості PI пакету Б дорівнює:

$$PI_B = \frac{9496865,31}{6645555} = 1,43$$

Внутрішня норма рентабельності IRR пакету Б становить 16,67%

Ураховуючи вищезазначені етапи, дисконтований період окупності можна визначити за формулою [18]:

$$PP = m + \frac{I - P_m}{P_{m+1}} \quad (4.3)$$

Для пакету А дисконтований термін окупності буде становити:

$$PP = 5 + \frac{5800400 - 846340,84}{931875,29} = 10,3 \text{ років.}$$

Для пакету А дисконтований термін окупності буде становити:

$$PP = 6 + \frac{6645555 - 866500,9}{788147,10} = 13,3 \text{ років.}$$

4.2. Аналіз умов запровадження альтернативних джерел енергії

4.2.1. Опис можливих заходів

4.2.1.1. Стовп освітлення із сонячними батареями.

Будівля ССДНЗ №20 має обширну територію на якій розташовані дитячі майданчики та доріжки. Одним із запропонованих заходів буде встановлення на цій території LED освітлення на сонячних батареях.(рис. 4.1)



Рисунок 4.1 - стовп освітлення із сонячними батареями.

Призначений для автономного освітлення території. Світильник працює на сонячних батареях і тому не потрібно турбуватися про його заряджання або підключення до мережі. Час роботи при повному заряді акумулятора до 1-2 днів. За замовчуванням, після встановлення, світильник працює на 50% світла, при виявленні руху автоматично збільшує потужність до 100%. [20]

Оскільки світильник працює від сонячних батарей, його потрібно використовувати тільки для вуличного освітлення. Світильник починає світити лише у темну пору доби. У день світильник не світитиме. Для його роботи не потрібне прокладання електричних кабелів, завдяки цьому знижуються витрати на встановлення та експлуатацію. Освітлення на

сонячних батареях можна облаштувати у будь-якому зручному місці. Воно має значний термін служби – понад 25 років[20].

4.2.1.2. Сонячний колектор для басейну.

Особливістю ССДНЗ №20 є збудований басейн для дітей, який часто використовується в літку, але зупиняє свою діяльність в холодні сезони.

Другий захід, який можна запропонувати, це встановлення сонячного колектора для обігріву басейну.(рис.4.2)



Рисунок 4.2 Elecro Thermecro Solar Pool & Spa 16 сонячний колектор для басейну

Альтернативне обладнання для нагрівання води у басейні, із самої назви - впливає принцип дії. Пристрій (як правило темного кольору) акумулює сонячну енергію і передає її басейну. Інноваційна конструкція сонячного нагрівача робить колектор незалежним від температури на вулиці та прямого сонячного випромінювання. Такий сонячний колектор нагріває воду у басейні незалежно від погодних умов[21].

Сонячний нагрівник для басейну створює теплову енергію для обігріву води в басейні за рахунок сонячної радіації. При цьому застосовується екологічно чиста технологія: нульовий викид CO²[21].

4.3. Висновки до розділу

В цьому розділі представлені пакети енергозберігаючих заходів, основна задача яких підвищити клас енергоефективності будівлі до рівня С відповідно до норм [19].

Пакет А включає в себе: теплоізоляцію зовнішніх стін мінеральною ватою 100 мм, теплоізоляцію горища мінеральною ватою 150 мм, встановлення індивідуального теплового пункту з модернізацією системи опалення, заміна існуючого освітлення світлодіодним освітленням. Загальна сума інвестицій пакету А становить 5800400 грн, річна економія 1500604,33 грн.

До пакету Б входять заходи: теплоізоляція зовнішніх стін мінеральною ватою 150 мм, теплоізоляція горища мінеральною ватою 200 мм, встановлення індивідуального теплового пункту з модернізацією системи опалення, встановлення рекуператорів тепла з модернізацією вентиляції, заміна існуючого освітлення світлодіодним освітленням. Загальна сума інвестицій пакету Б становить 6645555 грн, річна економія 1536349,13 грн.

Для кожного з запропонованих пакетів було проведено оцінку ефективності інвестицій. Дисконтований термін окупності для пакету А склав 10,3 років, а для пакету Б 13,3 роки.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на досліджуваному об'єкті

Об'єктом дослідження являється Сумський спеціалізований дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) № 20 «Посмішка», який підпорядковується Управлінню освіти і науки Сумської міської ради та повністю утримується за рахунок коштів місцевого бюджету. Адреса розташування будівлі: вул. Лучанська, 27, м. Суми, Сумська область, 40000. (рис. 1.1).

Для відвідувачів, вихователів, іншого персоналу, а головне для вихованців, головним чинником для життєдіяльності є безпека. Вона є головним фактором для навчального-процесу і психічного та фізіологічного здоров'я людей.

Для кращого засвоєння матеріалу у кімнати закладу повинно надходити достатньо свіжого повітря, вони мають добре освітлюватися і бути комфортними та безпечними, оскільки більшість свого часу діти проводять саме в них, особливо в зимовий час.

Провівши аналіз можна виділити наступні небезпечні та шкідливі фактори:

- Електронебезпека;
- Механічна небезпека;
- Термічна небезпека;
- Мікроклімат;
- Повітря робочої зони;
- Виробниче освітлення;
- Пожежна небезпека.

5.1.1. Електронебезпека

Електробезпека — система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, статичної електрики і електромагнітного поля. Правила електробезпеки регламентуються правовими і технічними документами, нормативно-технічною базою. Знання про електробезпеку необхідні всім людям, особливо тим, хто виконує електротехнічне обслуговування [22].

Електронебезпека обумовлена тим, що в закладі використовуються електроприлади та є електропостачання.

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

- захисне заземлення;
- забезпечується недоступність від випадкового дотику до струмопровідних частин;
- автоматичне вимкнення живлення;
- безпечна напруга.

Основне обладнання в ДНЗ, яке споживає електричну енергію це: електроплити, холодильники, комп'ютери, оргтехніка, пральні машини, принтери, духовки, м'ясорубка, картоплечистка, праска.

5.1.2. Механічна небезпека

До механічної небезпеки можна віднести падіння важких об'єктів таких як шафа, холодильник, комп'ютер, вазон з квітами, то що. Також факторами цієї небезпеки можуть бути колючі та ріжучі об'єкти, наприклад: ножі, ножиці, гострі кути у меблів або ліжок. За для безпеки потрібно дотримуватися рекомендацій по підбору, використанню та встановленню об'єктів та приладів.

5.1.3. Термічна небезпека

До чинників термічної небезпеки належать: температура нагрітих поверхонь, відкритий огонь та пожежі. Під час обстеження об'єкта дослідження було виявлено, що термічно небезпечними можуть бути нагріті поверхні електричних плит та незахищені радіатори обігріву. Вони досягають високих або навіть критичних температурних показників і можуть причинити опіки при необережному поводженні. Щоб уберегтися від термічного ураження, необхідно дотримуватися правил з техніки безпеки.

5.1.4. Мікроклімат

До чинників мікроклімату належать: температура, вологість та швидкість руху повітря.

Нормованою температурою у навчальних приміщеннях дошкільних навчальних закладів є +19–23 °С, у залах для занять музикою та фізичною культурою +18–19 °С, у теплих переходах — не менше +15 °С. Приміщення, які займають кутове положення будівлі або знаходяться з торця, температура повітря повинна бути не менше +21 °С. Термометри повинні бути розміщені на внутрішній поверхні кожного приміщення, де перебувають діти, на висоті 0,8–1,2 м від підлоги, залежно від зросту дітей [23].

5.1.5. Повітря робочої зони

Для комфортного знаходження людей в закладі, використовується природна вентиляція. Вона здійснюється по вентиляційні канали за через різницю температур зовнішнього повітря та робочої зони. За відсутності дітей, у приміщенні вживаються заходи, щодо періодичного провітрювання за

рахунок відкриванню вікон. Провітрювання є додатковим фактором, який допомагає підтримувати норму мікроклімату на потрібному рівні.

5.1.6. Виробниче освітлення

Основні приміщення дошкільних навчальних закладів повинні мати природне освітлення. Доцільна тривалість інсоляції повинна бути не менше 3 годин на день. Мінімальний коефіцієнт природної освітленості приміщень має становити не менше 1,5%.

Для комфортних умов проведення занять при недостатньому рівні освітлення, використовують джерела штучного освітлення. Вони повинні забезпечувати рівномірне та достатнє освітлення всіх приміщень[24].

Комбінація природного та штучною освітлення може бути задіяна в таких ситуаціях:

- похмурий день;
- наявність густої рослинності поблизу вікон першого поверху;
- короткий світловий день (зима, початок весни, кінець осені);
- особливості проектування кімнати, коли віконні прорізи не можуть дати необхідний рівень світла[24].

Світильники на стелі групових, ігрових, приймальних, роздягальних приміщень, у залах для занять музикою, фізичною культурою розміщують рівномірно. Світильники, що можуть пошкодитися, повинні мати захисну арматуру. В ігрових необхідно передбачити окреме вмикання кожного ряду світильників, що розташовані паралельно вікнам [25].

Виробниче освітлення має забезпечувати:

- добру видимість;
- зниження зорової стомленості;
- зменшує можливість травмуватися та підвищує безпеку;
- підвищує продуктивність.

5.1.7. Пожежна безпека

Дитячий садок та його приміщення відносяться до категорії Д за вибухопожежною та пожежною безпекою [26].

Будівля ДНЗ забезпечена первинними засобами пожежогасіння: вогнегасниками, пожежним інвентарем, пожежними щитами та стендами, відрами, ящиком із піском, пожежним знаряддям: пожежним ломом, багром, сокирою. Місця розміщення первинних засобів пожежогасіння зазначаються в планах евакуації. Вогнегасники встановлені таким чином, щоб можна було визначити тип вогнегасника, прочитати на його корпусі інструкцію з користування, а також для зручного зняття його. Вогнегасники розміщуються в легкодоступних місцях, які унеможливають їхнє пошкодження, попадання прямих сонячних променів, безпосередню дію опалювальних та нагрівальних приладів. Повсякденний контроль за зберіганням, вмістом і постійною готовністю до дії первинних засобів пожежогасіння здійснюється завідуючим господарством дошкільного навчального закладу [27].

Будівля дитячого садка також має план евакуації та евакуаційні шляхи та виходи, які будуть задіяні в разі виникнення пожежі, щоб забезпечити евакуацію всіх людей (рис. 5.1).

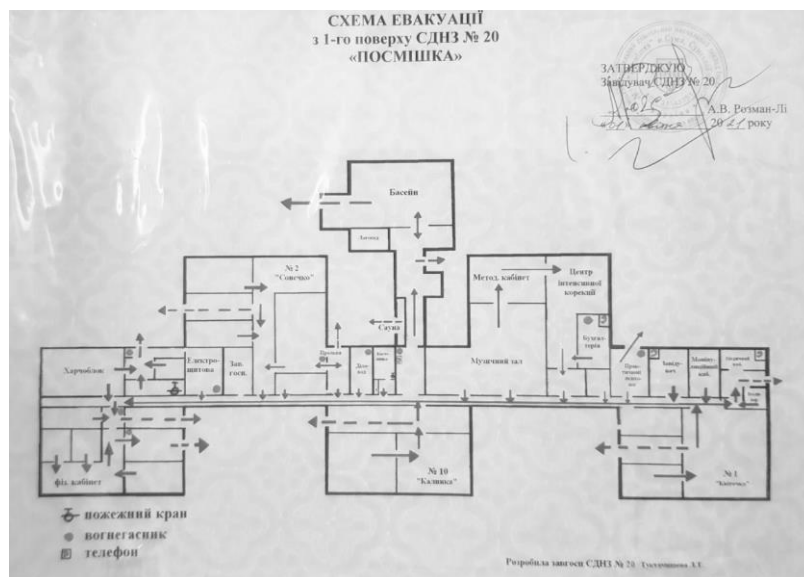


Рис. 5.1 – Схема евакуації.

5.2. Розрахунок природного освітлення

Для розрахунків природного освітлення обираємо спортивний зал ДНЗ №20.

Характеристики кімнати:

- Ширина – 6000мм (6 м);
- Довжина – 15000мм (15 м);
- Висота – 3000 мм (3 м);
- Кількість дверей – 3 од;
- Висота дверей – 2000 мм (2 м);
- Ширина дверей – 800 мм (0,8 м);
- Кількість вікон – 4 од;
- Висота вікна – 2200мм (2,2) м;
- Ширина вікна – 2000 мм (2 м);
- Відстань від вікна до робочої зони складає – 3000мм (3 м).

На рис 2.1 можна ознайомитися з габаритами та схемою спортивної зали.

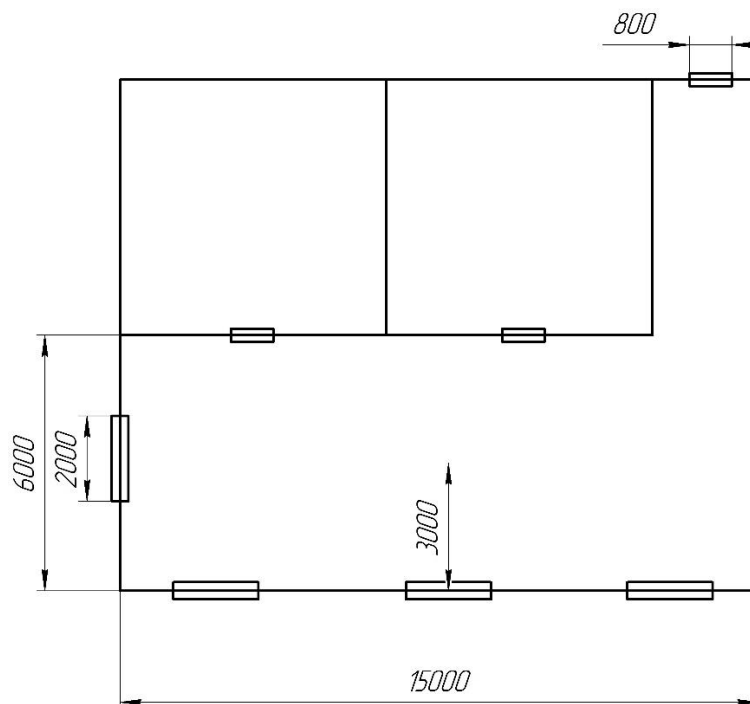


Рисунок 5.2 – Схема спортивного залу ДНЗ №20

Нормоване значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) для четвертого світлового поясу України, e_{IV} , визначається, %, за формулою [28]:

$$e_{IV} = e_{III} \cdot m \cdot c ,$$

де e_{III} - нормоване значення КПО для III світлового поясу за ДБН В.2.5-28-2006. Для більшості адміністративно-управлінських приміщень, де огляд оточуючого простору при дуже короткочасному епізодичному розрізненні об'єктів при нормальній насиченості, в яких виконуються роботи III розряду (середньої точності), для бокового освітлення $e_{нIII} = 0,9\%$ [28];

m - коефіцієнт світлового клімату (для України $m = 0,9$);

c - коефіцієнт сонячності. Для географічної широти м. Суми коефіцієнт сонячності дорівнює 1,0.

$$e_{IV} = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,8\%.$$

Фактичне значення коефіцієнта природного освітлення для досліджуваного приміщення можна вивести з формули [28]:

$$100 \frac{S_0}{S_n} = \frac{e_n \cdot \eta_0 \cdot K_z \cdot K_{буд}}{\tau_0 \cdot r_1} , \quad (5.1)$$

Звідки:

$$e_\phi = \frac{100 \cdot S_0 \cdot \tau_0 \cdot r_1}{S_n \cdot \eta_0 \cdot K_z \cdot K_{буд}} , \quad (5.2)$$

де S_0 – площа усіх вікон у приміщенні, m^2 ;

S_n – площа підлоги приміщення, m^2 ;

τ_0 – загальний коефіцієнт світлопроникності віконного прорізу. Для віконних прорізів адміністративно-управлінських будівель, які не обладнані сонцезахисними пристроями, $\tau_0 = 0,5$;

r_1 - коефіцієнт, який враховує відбиття світла від внутрішніх поверхонь приміщення. Для світлих приміщень із світлими меблями $r_{ст}$ можна орієнтовно взяти таким, що дорівнює 0,5, для темних – 0,3, для посередніх між ними – 0,4;

η_0 – світлова характеристика вікна;

$K_{\text{буд}}$ – коефіцієнт, який враховує затемнення вікон від інших будинків, якщо будинків немає, то $K_{\text{буд}} = 1$;

K_3 – коефіцієнт запасу. Для розрахунків приймаємо $K_3 = 1,5$.

Тоді за формулою:

$$e_{\phi} = \frac{100 \cdot 17,6 \cdot 0,5 \cdot 0,4}{102 \cdot 6,5 \cdot 1,5 \cdot 1} = 0,35 \%$$

5.3. Висновки до розділу

Після проведених розрахунків у розділі, можна побачити, що розрахункове значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) 0,35% для спортивної зали відрізняється від нормованого 0,9%. Беручи до уваги, що в будівлі було проведено заміну вікон, буде не рентабельно проводити повторну заміну з розширенням світлопрозорих конструкцій. Тому для покращення комфорту при проведенні занять у приміщенні, рекомендується використовувати додаткове штучне освітлення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Під час зовнішнього огляду будівлі були виявлені пошкодження огорожувальних конструкцій. Проведене тепловізійне обстеження підтвердило, що у стінах є проблемні місця через які відбувається втрата теплової енергії. Підвищена температура зовнішньої поверхні стіни свідчить про часткову втрату стінами теплозахисних властивостей. Окрім проблем зі стінами, під час тепловізійного обстеження було виявлено проблемні місця, через які можливі тепловтрати з приміщень, а саме через:

- через відкривання вікон;
- через вентиляційні отвори;
- відбуваються втрати тепла крізь місця стіни де розташовані прилади опалення.

Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій, свідчать про велику теплопередачу. Після порівняння характеристики систем енергопостачання будівлі та проведеного техніко-економічного аналізу споживання енергоносіїв, найбільші грошові затрати припадають на оплату теплової енергії.

В розділі «РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ» проводилися розрахунки річної енергопотребі будівлі на опалення, яке дорівнює $Q_{H,nd} = 609946,70$ кВт · год, а також на охолодження $Q_{C,nd} = 96828,12$ кВт · год. З розрахунків було визначено значення загального показника питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні, що склав $EP = 209,92$ кВт · год/м³.

Аналіз одержаних результатів показав, що значення питомого енергоспоживання будівлею при опаленні є більшими ніж мінімальне значення, та згідно з [6] отримане значення відповідає класу «G» енергоефективності будівлі.

За допомогою розрахунків ми можемо підтвердити, що в ССДНЗ №20 СМР наявні тепловтрати, тому для усунення подальших втрат, треба проводити заходи з підвищення енергетичної ефективності.

В розділі «ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ УМОВ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ЗАХОДІВ» представлені пакети енергозберігаючих заходів, основна задача яких підвищити клас енергоефективності будівлі до рівня С відповідно до норм [19].

Пакет А включає в себе: теплоізоляцію зовнішніх стін мінеральною ватою 100 мм, теплоізоляцію горища мінеральною ватою 150 мм, встановлення індивідуального теплового пункту з модернізацією системи опалення, заміна існуючого освітлення світлодіодним освітленням. Загальна сума інвестицій пакету А становить 5800400 грн, річна економія 1500604,33 грн.

До пакету Б входять заходи: теплоізоляція зовнішніх стін мінеральною ватою 150 мм, теплоізоляція горища мінеральною ватою 200 мм, встановлення індивідуального теплового пункту з модернізацією системи опалення, встановлення рекуператорів тепла з модернізацією вентиляції, заміна існуючого освітлення світлодіодним освітленням. Загальна сума інвестицій пакету Б становить 6645555 грн, річна економія 1536349,13 грн.

Для кожного з запропонованих пакетів було проведено оцінку ефективності інвестицій. Дисконтований термін окупності для пакету А склав 10,3 років, а для пакету Б 13,3 роки.

Після проведених розрахунків у розділі «ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ», можна побачити, що розрахункове значення коефіцієнта природного освітлення (КПО) 0,35% для спортивної зали відрізняється від нормованого 0,9%. Беручи до уваги, що в будівлі було проведено заміну вікон, буде не рентабельно проводити повторну заміну з розширенням світлопрозорих конструкцій. Тому для покращення комфорту при проведенні занять у приміщенні, рекомендується використовувати додаткове штучне освітлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чередник М.В., Хованський С. О. Енергетичне обстеження головного корпусу АТ «Науково-дослідницький і проектно-конструкторський інститут атомного та енергетичного насособудування» VII Всеукраїнської науково-технічної конференції (м. Суми, 21–24 квітня 2020 р.) : тези доповідей . Суми : Сумський державний університет, 2021. С. 258.
2. ДСТУ 4065:2001 "Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги";
3. ДСТУ Б В.2.2-39:2016 Методи та етапи проведення енергетичного аудиту будівель. – К.: Мінрегіон України. –2009.
4. Національний план дій з енергоефективності до 2020 року. Січень, 2013р., Держенергоефективності. 82 с. [Електронний інтернет-ресурс], режим доступу: https://euea-energyagency.org/wp-content/uploads/2014/05/NEEAP_2020_UA.pdf.
5. Тепловізор [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.fluke.kiev.ua>.
6. 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 р.
7. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні [Чинний від 2015.01.01]. К. Мінрегіонбуд України, 2016. 205 с.
8. ДБН В.2.2-9-2009. Громадські будинки та споруди. Основні положення. [Чинний від 2010.10.01] К.: Київ, Мінрегіонбуд України, 2010. 69 с.

9. ДСТУ Б EN 15251:2011. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT). [Чинний від 2013.01.01]. К. Мінрегіонбуд України, 2012. 71 с.
10. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
11. ДБН В.2.5-39:2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі»
12. ДСТУ Б В.2.6-189-2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель [Чинний від 2014.01.01]. К. Мінрегіонбуд України, 2014. 55 с.
13. Теплий дім [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://teplyjdom33.com.ua/uslugi/uteplenie-fasadov>
14. Вартість роботи в Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.rabotniki.ua/price>
15. Теплопункт [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.danfoss.com/uk-ua/>
16. Світлодіодне освітлення [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ledstorm.ua/ua/osveshenie>
17. ДБН В.2.5-28:2018 Природне та штучне освітлення [Чинний від 2019.03.01] К.: Київ, Мінрегіонбуд України, 2018. 137 с.
18. 3517 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до виконання економічної частини дипломних проектів для студентів спеціальності 7.05060105 «Енергетичний менеджмент» усіх форм навчання- Суми: Сумський державний університет, 2013.
19. 3517 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до виконання економічної частини дипломних проектів для студентів спеціальності 7.05060105 «Енергетичний менеджмент» усіх форм навчання- Суми: Сумський державний університет, 2013.
20. Столби для сонячних панелей [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://stolb.com.ua/ulichnoe-osveshchenie/stovpi-dlya-sonyachnikh-paneley/>

21. Сонячні колектори для басейну [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://reneco.com.ua/stati-ua-solnechnye_kollektory/nagrivannya-baseynu-sonyachnim-kolektorom/
22. Електробезпека. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%95%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B0>
23. Вимоги до повітряно-теплого режиму в дитячих навчальних закладах. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://dpss-te.gov.ua/golovni-novini/vimogi-do-povitriano-teplovogo-rezhimu-v-ditiachih-navchalnih-zakladah>
24. Норми освітлення в дитячому садку. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://stroyka-gid.com.ua/enziklopedia-znan/12531-osvitlena-v-ditachomy-sadky.html>
25. Санітарний регламент ЗДО 2016. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://oplatforma.com.ua/files/articles/166/Sanitarny_reglament_ZDO_2016_Pedrada.pdf
26. ДБН В.1.1-7-02. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва.
27. ДСТУ 3855-99 Пожежна безпека. Визначення пожежної небезпеки матеріалів та конструкцій.
28. ДБН В.2.5-28-2006. Природне та штучне освітлення. – К.: Мінбуд України, 2006.

ДОТАТОК А

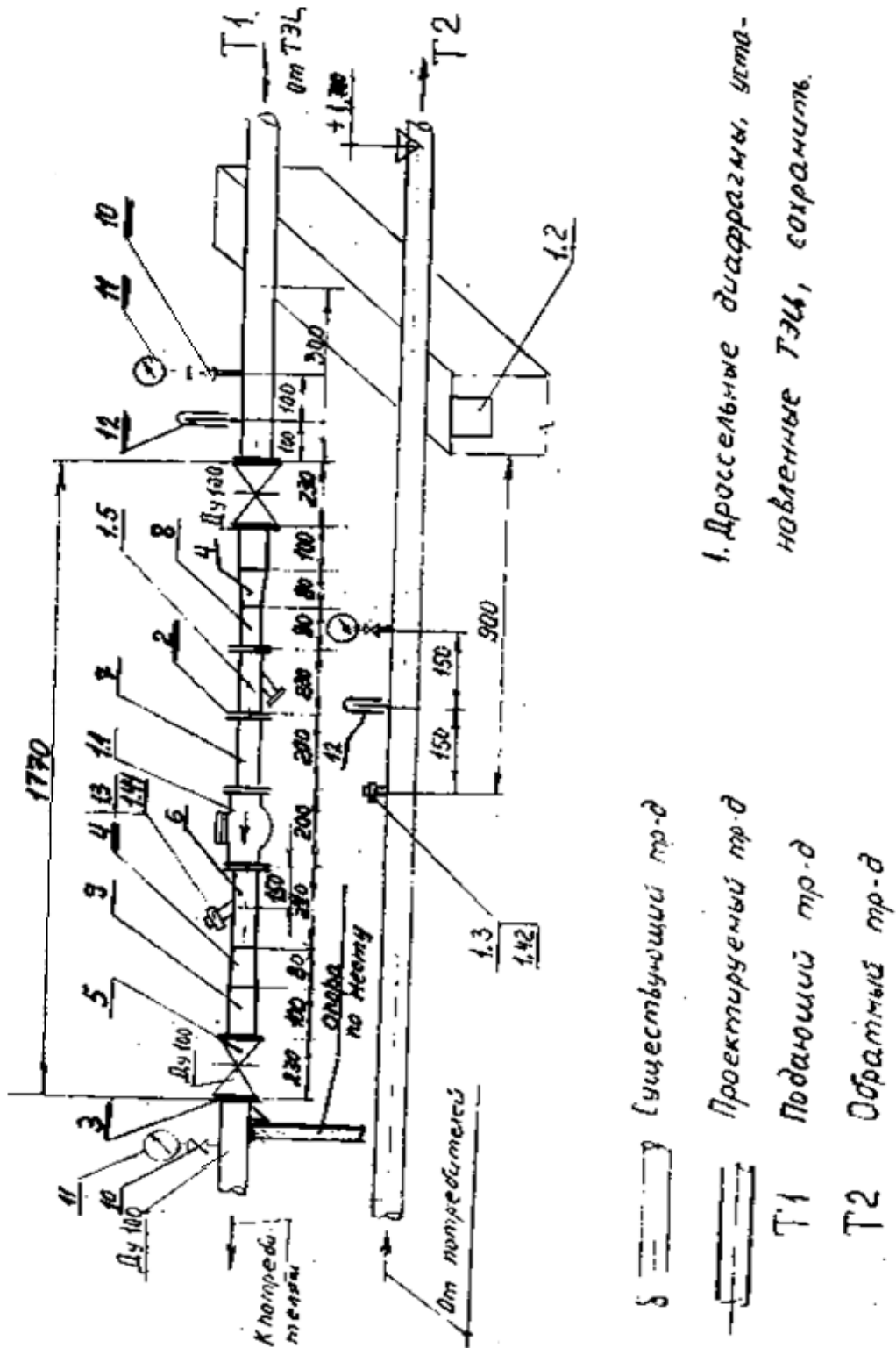


Рис. А – Схема теплового пункту ССДНЗ № 20 СМР

ДОДАТОК Б

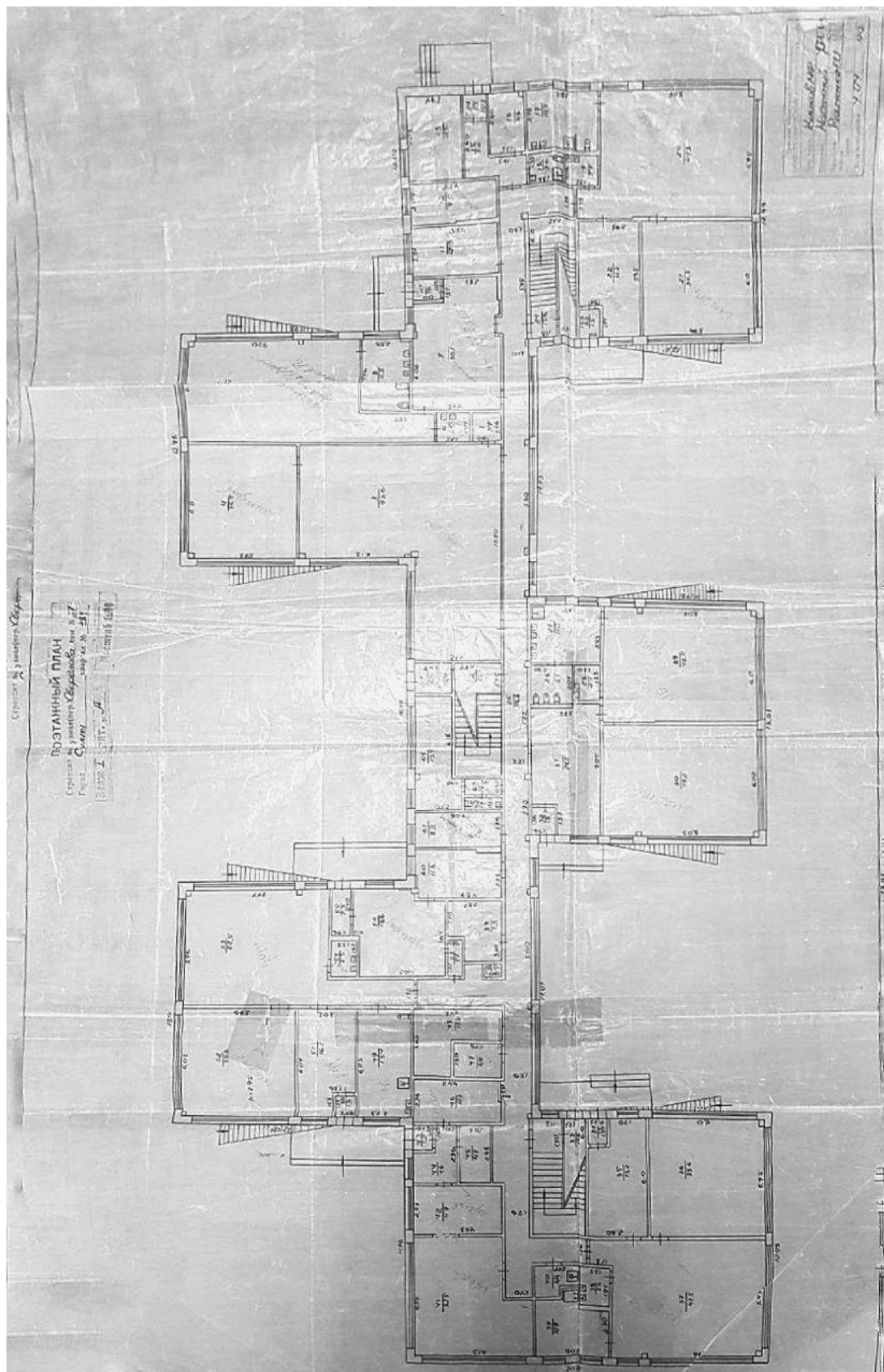


Рис. Б - План забудови будівлі ССДНЗ № 20

ДОДАТОК В

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі: вул. Лучанська, 27, м. Суми, Сумська область, 40000

Функціональне призначення та назва: Сумський спеціалізований дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) № 20 «Посмішка»

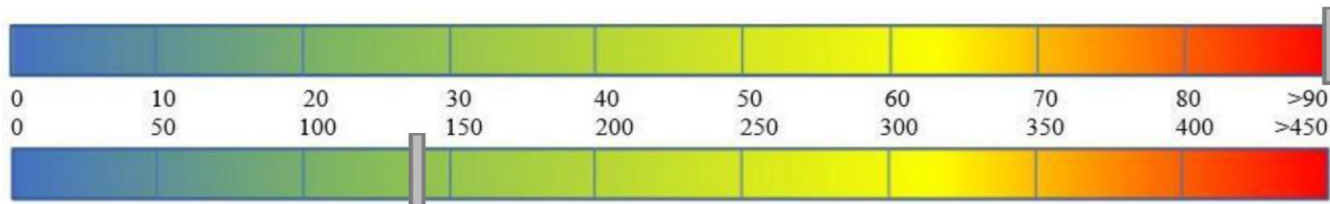
Відомості про конструкцію будівлі

Загальна площа, м²: 1223,3
 Загальний об'єм, м³: 9788,4
 Опалювальна площа, м²: 3155,44
 Опалювальний об'єм, м³: 9529,43
 Кількість поверхів: 2
 Рік введення в експлуатацію: 1989
 Кількість під'їздів або входів: 16



Шкала класів енергетичної ефективності		Клас енергетичної ефективності
Високий рівень енергоефективності		
	< 17 кВт×год/м ²	
	< 30 кВт×год/м ²	
	< 33 кВт×год/м ²	
	< 42 кВт×год/м ²	
	< 50 кВт×год/м ²	
	≤ 58 кВт×год/м ²	
	> 58 кВт×год/м ²	
Низький рівень енергоефективності		
Питоме споживання на опалення, гаряче водопостачання, охолодження		209,92 кВт×год/м ²

Питоме споживання первинної енергії, кВт×год/м² за рік: 708,63



Питомі викиди парникових газів, кг/м² за рік 140,44

Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора _____

I. I. Фактичні або проектні характеристики огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальних конструкцій	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$		Площа А, м^2
	існуюче	приведене	
Зовнішні стіни	0,91	3,3	1182,54
Суміщені перекриття	-	6,00	-
Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	-	4,95	-
Горищні перекриття неопалювальних горищ	1,62	4,95	1223,3
Перекриття над неопалювальними підвалами	0,36	3,75	1223,3
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,75	465,96
Зовнішні двері	0,40	0,60	19,76

II. Опис технічного стану огорожувальних конструкцій

Будівля збудована у формі «Ж» подібного типу з добудованим корпусом басейну. Має два поверхи та неопалювальний підвал.

Зовнішні стіни

Зовнішні стіни виконані з залізобетонних плит, поштукатурені з середини цементним розчином товщиною 30 мм. Ззовні поштукатурена по фарбована у білий колір. На момент проведення обстеження місцями були виявлені пошкодження зовнішніх стін.

Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін не відповідає нормативним вимогам.

Вікна та двері

Усі вікна вікна металопластикові з подвійними склопакетами «4i-10-4-10-4i» і 6-ти камерним профілем товщиною 70 мм. Двері головного входу - дерев'яні. Двері із запасних виходів місцями металеві але більшість залишаються дерев'яними. На момент проведення обстеження явних пошкоджень входних дверей виявлено не було.

Приведений опір теплопередачі вікон відповідає нормативним вимогам.

Приведений опір теплопередачі дверей не відповідає нормативним вимогам.

Перекриття неопалювального горища

Суміщене покриття складається з : плита перекриття -220 мм; гравій керамзитовий-400 $\text{кг}/\text{м}^3$ - 150 мм; покриття руберойд – 0,002 мм.

Приведений опір теплопередачі даху не відповідає нормативним вимогам.

Підлога

Будівля має неопалювальне технічне підпілля.

На момент проведення обстеження явних пошкоджень перекриття виявлено не було.

Приведений опір теплопередачі підлоги не відповідає нормативним вимогам.

III. Показники енергетичної ефективності та фактичне питоме енергоспоживання будівлі

Показники енергетичної ефективності будівлі

Назва показника	Існуюче значення (кВт·год)/м ² за рік	Мінімальні вимоги (кВт·год)/м ² за рік
Питома енергоспоживання на опалення, охолодження,	209,92	<33
Питоме енергоспоживання при опаленні	201,13	-
Питоме енергоспоживання при охолодженні	8,79	-
Питоме енергоспоживання систем вентиляції	4,87	-
Питоме енергоспоживання при освітленні	20,8	-
Питоме споживання первинної енергії, (кВт·год)/м ² за рік	708,63	-
Питомі викиди парникових газів, кг/м ² за рік	140,44	-

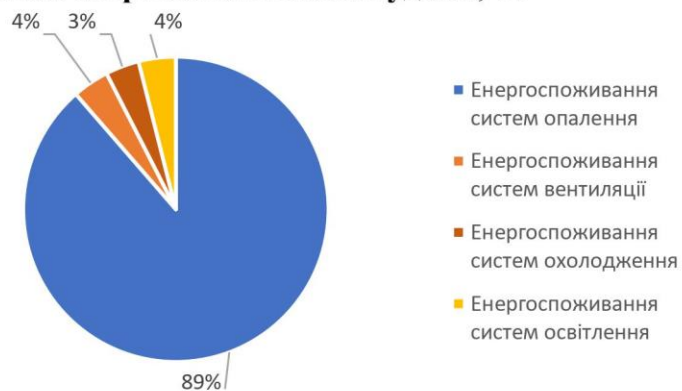
Енергоспоживання будівлі

Вид	Фактичний обсяг споживання за рік		Розрахунковий обсяг споживання за рік	
	тис. (кВт·год)	(кВт·год)/м ² [(кВт·год)/м ³]	тис. (кВт·год)	(кВт·год)/м ² [(кВт·год)/м ³]
Енергоспоживання систем опалення	475,667	49,91	1476,286	201,13
Енергоспоживання систем вентиляції	-	-	64,552	8,79
Енергоспоживання систем охолодження	-	-	59,45	8,10
Енергоспоживання систем освітлення	н/д	н/д	65,57	20,8
УСЬОГО:	475,667	49,91	1665,858	238,82

Причини відхилення розрахункових обсягів споживання від фактичних

Невідповідність фактичної температури всередині приміщення будівлі, що була прийнята для розрахунків.
Розбіжності реальної тривалості опалювальних періодів та тих, що приймалися для проведення розрахунків.
Певна невідповідність зовнішніх умов та температурних графіків, за якими працюють надавачі послуг із забезпечення тепловою енергією.
Певна невизначеність щодо порядку та умов функціонування будівлі.

Річне енергоспоживання будівлі, %



III. Фактичні проектні характеристики інженерних систем будівлі

Системи опалення
<p>Теплозабезпечення ДНЗ №20 здійснюється централізованою системою тепlopостачання, підведення комунікацій здійснюється у тепловому пункті, який знаходиться у підвальному приміщенні будівлі. Теплоносій системи централізованого тепlopостачання - вода.</p> <p>Температурний графік теплової мережі- 95/70 0С. Теплоносій внутрішньої системи опалення будинку - вода. Температурний графік внутрішньої системи опалення будинку - 90/70 0С.</p> <p>Схема підключення – залежна, водяна, закрита, в тепловому вводі, наявний тепловий лічильник. Відсутній індивідуальний тепловий пункт (ІТП) з регулюванням тепло споживання яке враховує фактичні потреб (залежно від температури зовнішнього повітря). Циркуляція теплоносія в будинку відбувається за рахунок тиску теплової мережі.</p> <p>Система опалення двотрубна з нижньою розводкою; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – горизонтальний, з штучною циркуляцією теплоносія. Система розподілу виконана з сталевих водогазопровідних труб.</p> <p>В якості опалювальних приладів використовуються чавунні секційні радіатори типу МС-140 та пластинчаті радіатори. Опалювальні прилади встановлені під вікнами у нішах. Термостатичні клапани з термо головками на опалювальних приладах не встановлені. Відсутній тепловідбивний екран між радіатором і зовнішньою стіною. У будівлі існує окремий прилад обліку обсягів споживання теплової енергії, що витрачається на забезпечення системи опалення та ГВП.</p>
Системи водопостачання
<p>Будинок підключено до місцевої системи централізованого холодного водопостачання м. Суми.. Сталевий подавальний трубопровід середнім діаметром 50 мм прокладено у підвальному приміщенні.</p> <p>Тип системи- з циркуляційним трубопроводом.</p> <p>Облік за спожиту гарячу воду – наявний.</p>
Система вентиляції
<p>Будинок обладнаний природною системою вентиляції. Вентиляція повітря відбувається через вентиляційні канали та вбудовані тунелі в конструкції будівлі. Повітря видаляється з кухні через систему механічної вентиляції. Припливне повітря, що подається від системи природної вентиляції, надходить через отвори в світлопрозорій конструкції огорожень і зовнішніх дверей. Тривалість роботи системи механічної вентиляції будівлі - 6 годин на добу в робочі дні. Стан вентиляційної системи є задовільним.</p>
Системи освітлення
<p>Для освітлення використовуються :</p> <ul style="list-style-type: none">Лампи розжарювання 75 та 60 Вт;Світильник люмінесцентний 18 Вт. <p>Вмикання та вимикання системи освітлення в ручну. Окремого лічильника для ведення обліку споживання електроенергії на потреби освітлення не передбачено.</p>

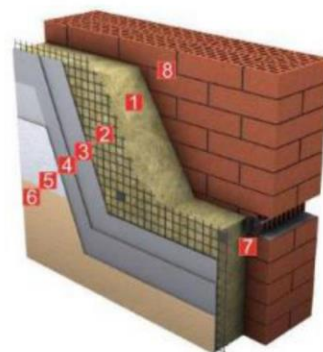
IV. Рекомендації щодо забезпечення (підвищення рівня) енергетичної ефективності

Захід №1. Утеплення зовнішніх стін

На момент проведення енергетичного аудиту зовнішні стіни будинку ДНЗ №20 були виявлені місцями пошкодження стін. Під час проведення дослідження було виявлено, що коефіцієнт термічного опору конструкції не відповідає мінімально допустимим встановленим нормативам

З метою підвищення теплозахисних характеристик будівлі було вирішено провести утеплення зовнішніх стін будівлі мінеральною ватою, теплопровідність якої становить $\lambda = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, з попереднім демонтажем існуючого утеплення.

Відповідно до заходів передбачених «Пакетом А», товщина теплоізоляційного матеріалу повинна складати 100 мм, а для «Пакету Б» – 150мм.



1 – мінеральна вата, 2 – скляна сітка, 3 – ґрунтовий шар, 4 – вирівнюваний шар, 5 – декоративний шар, 6 – шар фарби.

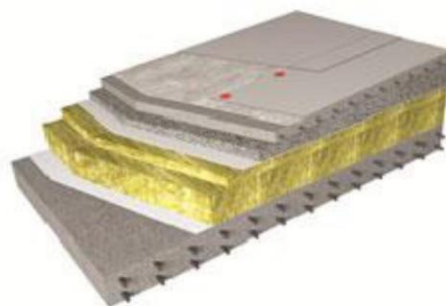
Пакет	Інвестиції, грн.	Економія		Окупність роки
		кВт·год/рік	грн/рік	
А	2 335200	174199,7	240395,59	9,7
Б	2 752200	193445,4	251479,02	10,9

Захід №2 Утеплення плоского даху.

На момент проведення енергетичного аудиту горище будівлі знаходяться у задовільному технічному стані. Під час проведення дослідження було виявлено, що коефіцієнт термічного опору конструкції не відповідає мінімально допустимим встановленим нормативам.

Коефіцієнт теплопередачі горища будівлі становить $U_{\text{горище}} = 0,64 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$, а згідно з [6] повинен дорівнювати $U_{\text{горище}}^{\text{макс}} = 0,20 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$.

З метою підвищення теплозахисних характеристик будівлі було вирішено провести утеплення зовнішніх стін будівлі мінеральною ватою, теплопровідність якої становить $\lambda = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Відповідно до заходів передбачених «Пакетом А», товщина теплоізоляційного матеріалу повинна складати 150 мм, а для «Пакету Б» – 200мм.



Пакет	Інвестиції, грн	Економія		Окупність роки
		кВт·год/рік	грн/рік	
А	1223300	86119,3	111955,09	10,2
Б	1651455	193445,4	251479,02	10,9

Захід №3 Встановлення ІТП з модернізацією системи опалення

Для досягнення більших результатів в енергозбереженні в будівлі ДНЗ №15 рекомендується встановити новий індивідуальний тепловий пункт та здійснити модернізацію системи опалення. Встановлення індивідуальної теплової підстанції з автоматичним регулюванням температури є одним з основних заходів з підвищення енергоефективності. Ця система дозволяє адаптувати споживання тепла будівлею до її поточного фактичного рівня споживання залежно від зовнішньої температури. Тепловий пункт повинен включати: циркуляційні насоси з частотним регулюванням; датчики температури подавального та зворотного трубопроводів; датчик та контролер зовнішньої температури; датчики тисків та контролер об'ємного потоку; клапани, необхідні для нормальної роботи (закриваючі, запобіжні); фільтри та сепаратори бруду.



Інвестиції, грн	Економія		Окупність
	кВт·год/рік	грн/рік	роки
2221400	709490,1	922337,13	2,4

Захід №4 Модернізація системи освітлення			
<p>Під час проведення енергетичного аудиту було помічено, що освітлення переважно здійснюється лампами розжарювання. Даний захід передбачає заміну неефективних ламп, на які припадає основне навантаження системи освітлення, на нове та більш ефективне LED освітлення. Нове освітлення повинно зменшити навантаження та водночас забезпечити необхідний рівень освітлення в дитячих та кабінетах. Місця встановлення нових засобів освітлення визначаються на етапі проектування, це необхідно для того, щоб система освітлення відповідала всім діючим вимогам. Ламп розжарювання 205 штук по 75 Вт і 45 штук по 60 Вт. Ламп люмінесцентних 20 штук по 18 Вт кожна. Загальна потужність освітлення 20,23 кВт.</p>			
Інвестиції, тис. грн	Економія		Окупність
	кВт·год/рік	тис. грн/рік	роки
20500	47997,5	47970,5	239987,5