

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

на тему:

«Підвищення рівня енергоефективності ДНЗ №15 шляхом комплексної
термомодернізації»

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
за освітньо-професійною програмою «Енергетичний менеджмент»

Виконавець роботи

Чередник М.В.

(прізвище і ініціали)

(підпис студента)

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

Випускна робота
захищена на засіданні
ЕК з оцінкою

Керівник роботи

(підпис)

Хованський С.О.

(прізвище і ініціали)

доцент каф. ПГМ

(наукова ступінь, звання або посада)

“ ____ ” _____ 20__ р.

Секретар комісії

(підпис)

Суми 2021

Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент»)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
прикладної гідроаеромеханіки
Ковальов І.О.
“ ___ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра
Чередник Максим В'ячеславович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи «Підвищення рівня енергоефективності ДНЗ №15 шляхом комплексної термомодернізації» затверджена наказом по університету №0169 від “09” квітня 2021 р.

2 Термін здачі студентом закінченої роботи до “08” червня 2021 р.

3 Вихідні дані до роботи: будівельна та проектна документація об'єкта енергетичного обстеження; нормативні вимоги, дійсні на території України.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити).

Вступ (мета, задачі та актуальність виконання роботи).

1.Характеристика об'єкта енергетичного обстеження (опис дійсного стану систем енергопостачання об'єкта; опис приладів обліку енергоносіїв на об'єкті; представлення результатів інструментального обстеження та їх аналіз; висновки).

2.Комплексний аналіз рівня енергоефективності об'єкта енергетичного обстеження (аналіз обсягів енергоспоживання за видами систем енергопостачання на об'єкті; Порівняльний аналіз дійсних показників енергоспоживання з нормативними; основні положення методики розрахункового аналізу; представлення результатів розрахунку; висновки).

3.Техніко-економічний аналіз умов запровадження енергозбережних заходів (характеристика розроблених заходів з енергозбереження та умов їх запровадження; представлення результатів розрахунку; висновки).

Висновки (загальна характеристика отриманих результатів за кожним етапом виконаної роботи)

5. Перелік обов'язкового графічного матеріалу (з точним зазначенням креслень або плакатів)

1. Схема теплового пункту
2. Комплексний аналіз рівня енергоефективності
3. Результати розрахункового аналізу
4. Техніко-економічний аналіз енергозбережних заходів

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№п/п	Назва етапів роботи (за змістом розрахунково-пояснювальної записки)	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Формування вихідних даних	05.04-11.04.21	
2	Характеристика об'єкту енергетичного обстеження	12.04-18.04.21	
3	Інструментальне обстеження	лютий-травень	
4	Комплексний аналіз обстежуваної системи енергопостачання	19.04-16.05.21	
5	Розробка можливих енергозберігаючих заходів	17.05-30.05.21	
6	Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.	31.05-03.06.21	
7	Оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічних матеріалів	04.06-07.06.21	
8	Здача роботи на перевірку	08.06.21	
9	Доопрацювання зауважень	до 13.06.12	
10	Захист роботи	14.06-19.06.21	

Дата видачі завдання “ 05 “ квітня 2021 р

Студент _____
(підпис)

Чередник М.В.
(Прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Хованський С.О.
(Прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 98 с., 41 таблиці, 36 рисунків, 3 додатки, 20 літературних джерел.

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

Мета роботи: підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів ДНЗ №15 м. Суми шляхом комплексної термомодернізації на основі розроблення енергетичного сертифікату будівлі.

Відповідно до мети були поставлені та вирішені наступні завдання:

- визначення базового рівня енергоспоживання;
- проведення інструментальних досліджень технічних систем об'єкта;
- розробка енергозберігаючих заходів із економії паливно-енергетичних ресурсів;
- створення енергетичного сертифікату будівлі.

Об'єктом досліджень є будівля ДНЗ №15 «Перлінка».

Предметом дослідження є системи енергоспоживання будівлі ДНЗ №15 «Перлінка».

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

Ключові слова: ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ, ТЕПЛОВІЗІЙНЕ ОБСТЕЖЕННЯ, ЕНЕРГОПОТРЕБА, ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, КЛАС ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ, ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧИЙ ЗАХІД.

Тема роботи – «Підвищення рівня енергоефективності ДНЗ №15 шляхом комплексної термомодернізації» м. Суми

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ...	8
1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження	8
1.2 Опис дійсного стану будівлі	9
1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об'єкта.....	11
1.3.1 Система опалення.....	11
1.3.2 Система електропостачання.....	12
1.3.3 Система водопостачання	12
1.3.4 Система вентиляції.....	13
1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв	14
1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду	14
1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води.....	15
1.4.1 Аналіз споживання теплової енергії	15
1.4.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії	16
1.4.3 Аналіз обсягів споживання гарячої води.....	17
1.4.4 Аналіз обсягів споживання холодної води.....	18
1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв	19
1.6 Висновки до розділу 1	22
2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ.....	23
2.1 Опис методів та приладів вимірювання.....	23
2.2 Аналіз результатів тепловізійного обстеження	25
2.3 Висновки до розділу 2	30
3 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ.....	31
3.1 Розрахунок питомої енергопотребі на опалення та охолодження	31
3.1.1 Характеристика передачі трансмісією	31

					6.144.07 ВР 00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Підвищення рівня енергоефективності ДНЗ №15 шляхом комплексної термомодернізації	<i>Лист</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
Розробив		Чередник М.В.				4	98	
Перевірив		Хованський С.О.						
Н. Контр.		Хованський С.О.				СумДУ ЕМ-71		

3.1.2	Характеристика передачі вентиляцією	34
3.1.3	Характеристики внутрішніх теплонадходжень	37
3.1.4	Сонячні теплонадходження.....	38
3.1.5	Динамічні параметри	46
3.1.6	Енергопотреба на опалення та охолодження	48
3.1.7	Визначення питомого енергоспоживання при опаленні	51
3.1.8	Визначення питомого енергоспоживання при охолодженні	56
3.1.9	Визначення класу енергетичної ефективності будівлі.....	59
3.1.10	Енергоспоживання системи вентиляції	59
3.1.11	Розрахунок питомого енергоспоживання при освітленні.....	60
3.1.12	Проведення розрахунків первинної енергії та викидів парникових газів	62
3.2	Висновки до розділу 3	64
4	ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.....	65
4.1	Запропоновані заходи	65
4.2	Теплоізоляція зовнішніх стін.....	66
4.3	Теплоізоляція перекриття горища	68
4.4	Встановлення індивідуального теплового пункту з модернізацією системи опалення	69
4.5	Встановлення рекуператорів тепла	71
4.6	Модернізація системи освітлення	72
4.7	Результати розрахунків ефекту від впровадження заходів.....	73
4.8	Оцінка ефективності інвестицій	79
4.9	Висновки до розділу 4	82
	ВИСНОВКИ.....	83
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	85
	ДОДАТОК А.....	87
	ДОДАТОК Б	93
	ДОДАТОК Г	98

ВСТУП

Однією з найважливіших складових добробуту в цивілізованих державах є забезпечення громадян і компаній необхідними енергоресурсами. На розвиток господарюючих суб'єктів в нашій країні істотний негативний вплив робить висока частка енергетичних втрат у витратах виробництва, яка на промислових підприємствах складає в середньому 8-12% і має стійку тенденцію до зростання у зв'язку з великим моральним і фізичним зносом основного обладнання та значними втратами при транспортуванні енергетичних ресурсів [1]. Для запобігання подальших втрат, створено механізм спостереження та аналізу за станом об'єктів, що дає змогу забезпечити добробут та розвиток суб'єктів в нашій країні. Таким механізмом є енергоаудит.

Енергоаудит має ключову роль у ефективному використанні енергії в промисловості, в побуті та сфері послуг. Він є інструментом повної оцінки споживання паливно-енергетичних ресурсів, визначення рівня управлінських впливів, а також для оцінки того, на скільки ці впливи є ефективними [2].

Шляхом до зменшення споживання енергії на опалення, вентиляції, приготування гарячої води із зазначенням конкретних інвестицій, економії енергії та термін окупності є сертифікація енергетичної ефективності.

Сертифікація енергетичної ефективності — вид енергетичного обстеження будівлі, під час якого аналізується інформація щодо фактичних або проектних характеристик огорожувальних конструкцій та інженерних систем. Дається оцінка розрахункового рівня енергетичної ефективності відповідно до встановлених вимог. Надаються рекомендації щодо підвищення рівня енергетичної ефективності, що є технічно та економічно обґрунтованими [3].

Предметом енергетичного обстеження є процеси споживання палива і енергії, аналіз і надання рекомендацій щодо ефективного використання енергоресурсів.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

Мета роботи: підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів ДНЗ №15 м. Суми шляхом комплексної термомодернізації на основі розроблення енергетичного сертифікату будівлі.

Відповідно до мети були поставлені та вирішені наступні завдання:

- визначення базового рівня енергоспоживання;
- проведення інструментальних досліджень технічних систем об'єкта;
- розробка енергозберігаючих заходів із економії паливно-енергетичних ресурсів;
- створення енергетичного сертифікату будівлі.

Об'єктом досліджень є будівля ДНЗ №15 «Перлінка».

Предметом дослідження є системи енергоспоживання будівлі ДНЗ №15 «Перлінка».

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.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 ЗАГАЛЬНИЙ ОПИС ОБ'ЄКТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБСТЕЖЕННЯ

1.1 Загальні відомості про об'єкт енергетичного обстеження

Об'єктом дослідження є сумський дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) № 15 «Перлинка», який підпорядковується Управлінню освіти і науки Сумської міської ради та повністю утримується за рахунок коштів місцевого бюджету. Будівля розташована за адресою: вул. Нахімова, 17, м. Суми, Сумська область, 40009 (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – ДНЗ №15 «Перлинка»

У закладі працює 51 працівників та виховується 206 дітей.

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

Технічні характеристики будівлі такі:

- | | | |
|---|--------------------|-------------------------|
| – | Рік побудови | 1983 р.; |
| – | Кількість поверхів | 2 пов.; |
| – | Опалювальна площа | 2446,6 м ² ; |
| – | Площа забудови | 1223,3 м ² ; |

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

- Опалювальний об'єм будівлі 7339,8 м³;
- Опалювальний об'єм за зовнішніми обмірами 8318,44 м³.

Теплопостачання Сумського ДНЗ № 15 здійснюється централізовано згідно договору про закупівлю послуг з постачання теплової енергії та гарячої води, який укладено з ТОВ «Сумитеплоенерго» договір № 1778 – Т від 08.02.2021 року.

Джерелом постачання електроенергії є товариство з обмеженою відповідальністю «ЕНЕРА СУМИ» згідно з договором №4031 від 25.01.2021.

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

1.2 Опис дійсного стану будівлі

Загальний стан будівлі дошкільного навчального закладу є задовільним.

Фундамент дитячого навчального закладу залізобетонний. Стіни підвалу –збірні бетонні блоки, стіни будівлі внутрішні і зовнішні із силікатної цегла М-75 на цементно-пісчаному розчині. Стіни будівлі не мають явних пошкоджень, по периметру всієї будівлі виконана відмостка. Плити перекриття – залізобетонні. Перегородки – цегляні. Підлога – залізобетон, лінолеум, місцями керамічна плитка або паркет. Стеля – залізобетон, керамзит та руберойд. Сходи – збірні одноярусні одно маршеві з набірними східцями.

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

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Таблиця 1.1 – Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій

№ п/п	Найменування конструктивного елементу	Матеріал шару	Товщина шару, δ_i , м	Тепло-провідність λ_i , $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$	$R_{\Sigma np}$, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$	$R_{q \min}$, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$
1	Стіни	Плитка керамічна	0,005	0,95	0,93	3,3
		Цементно піщана суміш	0,01	0,81		
		Цегла силікатна на цементно-піщаному розчині	0,5	0,7		
		Цементно піщана штукатурка	0,03	0,81		
2	Горище	Монолітна залізобетонна плита	0,22	1,92	1,57	4,95
		Керамзит	0,15	0,12		
		Рубероїд	0,002	0,17		
3	Підлога	Плитка керамічна	0,005	0,95	0,11	3,75
		Цементно піщана суміш	0,005	0,81		
		Бетонна стяжка	0,15	0,81		
		Монолітна залізобетонна плита	0,22	1,92		
4	Вхідні двері	Пластикові	-	1,85	0,54	0,6
5	Вікна	Пластикові	-	1,33	0,75	0,75

Будівля має тринадцять входів (три центральних та десять службових), кожен з яких виконано у вигляді тамбуру, що значною мірою зменшує

тепловтрати через відкривання дверей. Вхідні двері – дерев’яні без склінням, , двері запасного виходу – пластикові та дерев’яні. Старі дерев’яні вікна замінені на металопластикові з двокамерним склопакетом. Встановлено 118 нових пластикових склопакетів. Стан вентиляційної системи є незадовільним, оскільки в деяких приміщеннях вентиляційні решітки заклеєні шпалерами. Таким чином вентиляція у приміщенні відбувається лише завдяки нещільності віконних прорізів.

Підтримання комфортних температур внутрішнього повітря у приміщеннях з великими об’ємами вимагає більших витрат теплової енергії.

1.3 Експлуатаційна характеристика систем енергопостачання об’єкта

1.3.1 Система опалення

Обстежувана будівля дитячого навчального закладу має централізовану систему тепlopостачання. Теплоносій – вода. Система тепло розподілу однотрубна з нижньою розводкою; за напрямом з’єднання опалювальних приладів – вертикальна. Рух гарячого теплоносія відбувається зверху вниз через труби і опалювальні прилади. Опалювальні прилади – конвективні чавунні секційні радіатори типу МС-140., реєстри встановлюються під вікнами для того, щоб компенсувати потоки холодного повітря. Подавальний та зворотній трубопровід системи і відгалуження від нього проходять через підвал. Теплова ізоляція трубопроводів у підвалі здійснено за нормою, знаходиться в задовільному стані.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними опалювальними періодами становить $EP = 0,0353$ Гкал/м³.

У тепловому вузлі вводу будівлі встановлено наступне обладнання: засувки, крани, манометри, термометри, термодатчики, теплообчислювач, фільтр, грязьовик, водомір. Схему індивідуального теплового пункту у тепловому вузлі вводу наведено у додатку Г.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					11

При проведенні обстеження було виявлено деякі порушення, а саме: застарілість та засміченість опалювальних приладів, в багатьох кімнатах та кабінетах вони закриті меблями, що перешкоджає циркуляції теплого повітря.

1.3.2 Система електропостачання

До основних технічних енергоспоживаючих систем будівлі дитячого садка належать:

- система освітлення;
- система технологічного електрообладнання.

До основного електроспоживаючого обладнання системи належать: електричні плити, холодильники, комп'ютери, оргтехніка, пральні машини, котли харчові, жарова шафа, м'ясорубка, картопечистка, праски. Систему освітлення складають світильники з лампами розжарювання та люмінесцентними лампами. Ламп розжарювання 205 штук по 75 Вт і 45 штук по 60 Вт. Ламп люмінесцентних 20 штук по 18 Вт кожна. Загальна потужність освітлення 18,43 кВт. Зовнішнє освітлення: п'ять світильників з лампою розжарювання (по 250 Вт кожна) у герметичному плафоні. Річна тривалість роботи систем зовнішнього освітлення - 3100 год. До недоліків можна віднести неефективне використання приладів освітлення.

1.3.3 Система водопостачання

Будинок підключено до місцевої системи централізованого холодного та гарячого водопостачання. Сталевий подавальний трубопровід гарячого водопостачання середнім діаметром 50 мм прокладено у підвальному приміщенні. При проведенні енергетичного обстеження системи теплоспоживання будівлі було проведено аналіз при середньодобовій температурі зовнішнього повітря яка дорівнює нуль градусів за шкалою Цельсія (див. табл. 1.2).

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Таблиця 1.2 – Дані спожитої теплової енергії

Опалювальний рік 2019-2020			Опалювальний рік 2020-2021		
Дата доби	Обсяг теплоспоживання, Гкал	Температура теплоносія, °С	Дата доби	Обсяг теплоспоживання, Гкал	Температура теплоносія, °С
11.11.20	1,045	45,5	17.12.20	1,7	53,5
12.11.20	1,273	43	18.12.20	1,665	53,9
13.11.20	1,655	49	31.12.20	1,465	53,3
01.12.20	1,715	51,7	04.01.21	1,625	53,2
15.12.20	1,56	52,8	06.01.21	1,683	55

Основним споживачем холодної та гарячої води є працівники, обслуговуючий персонал та вихованці дошкільного навчального закладу. Сантехніка знаходяться у задовільному стані.

1.3.4 Система вентиляції

Будинок обладнано системою природної вентиляції. Видалення вентиляованого повітря здійснюється через вентиляційні канали, що знаходяться в будівельних конструкціях. Видалення повітря з кухні виконується механічною системою вентиляції. Припливне повітря систем природної вентиляції надходить через нещільності світлопрозорих конструкцій огорожень і зовнішні двері. Тривалість роботи механічної системи вентиляції будівлі становить 6 год за добу у робочі дні. Стан вентиляційної системи є незадовільним, оскільки в деяких приміщеннях вентиляційні решітки заклеєні шпалерами. Таким чином вентиляція у приміщенні відбувається лише завдяки нещільності віконних прорізів.

1.3.5 Система обліку споживання енергоносіїв

Облік теплової енергії, яку отримують із системи централізованого тепlopостачання, здійснюється тепловим лічильником CALMEX-U VKP-431, який встановлено на трубопроводах теплового вводу в будівлю. Зняття показників лічильника виконується щоденно. Дата останньої перевірки лічильника тепла 02.07.2018-2022 року. Облік споживання електроенергії на потреби внутрішнього освітлення, зовнішнього освітлення, приготування їжі, технологічні потреби здійснюється одним лічильником СА-4У-И672М. Зняття показників лічильника виконується щоденно. Дата останньої перевірки лічильника електричної енергії 14.03.2018 року. Облік споживання гарячої води здійснюється тепловим лічильником типу MN Qn6 ДУ 35, який встановлено на вузлі подачі в будівлі та тепловим лічильником типу MN Qn3,5 ДУ 25 для обратки. Зняття показників лічильників виконується щоденно. Облік споживання холодної води здійснюється за показаннями лічильника холодної води MN Qn6 ДУ 25, встановленого у вузлі вводу будівлі. Зняття показань лічильника виконують щоденно. Дата останньої перевірки лічильників води 03.04.2017-2021 року.

1.3.6 Існуючі тарифи на енергоносії та воду

- Тариф на централізоване тепlopостачання станом на 28.03.2021 року становить 1559,67 грн/Гкал з ПДВ.
- Тариф на електроенергію станом на 01.01.2021 року становить 1,68 грн/кВт·год.
- Тариф на холодну воду станом на 01.01.2021 року становить 11,46 грн/м³;
- Тариф на Водовідведення: 11,14 грн/м³;
- Тариф на Гарячу воду: 91,37 грн/м³ з ПДВ.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					14

1.4 Аналіз споживання енергоносіїв та води

1.4.1 Аналіз споживання теплової енергії

Величина споживання тепла за 2018 – 2021 роки наведена у табл. 1.3 та на рис. 1.2.

Таблиця 1.3 – Величина споживання тепла за 2018 – 2021 роки

Місяць	Теплова енергія, Гкал			
	2018 рік	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	67	69	55	52
Лютий	55	55	59	54
Березень	53	34	23	38
Жовтень	29	11	11	
Листопад	45	35	40	
Грудень	52	42	48	

На рисунку 1.2 приведена динаміка споживання теплової енергії будівлею за 2018–2020 роки та частково за 2021 рік.

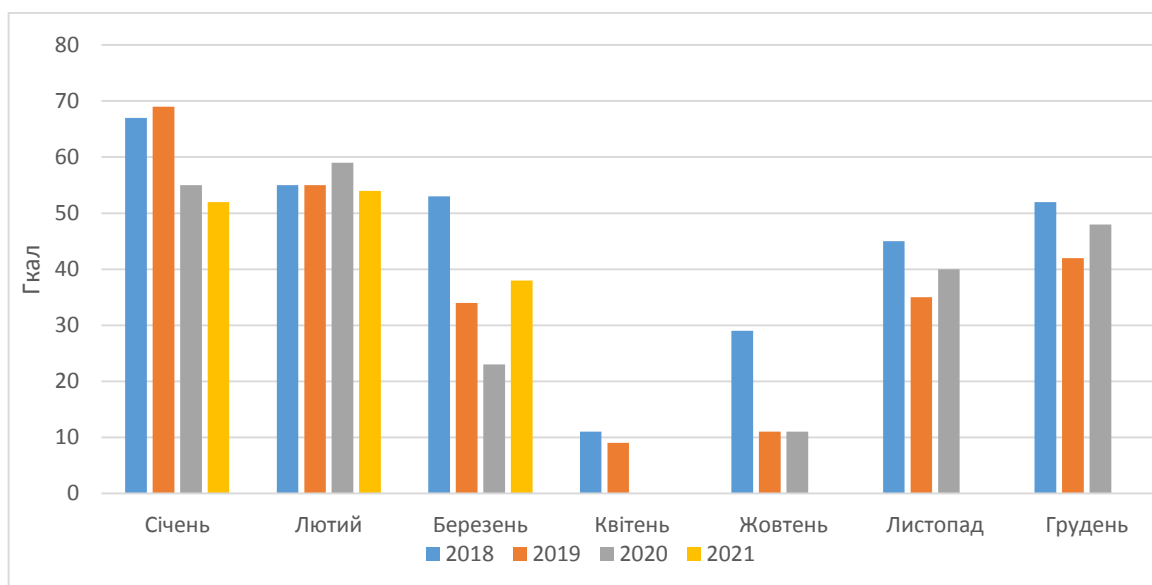


Рисунок 1.2 – Динаміка споживання теплової енергії будівлею за 2018–2021 роки

1.4.2 Аналіз обсягів споживання електроенергії

Величина споживання електроенергії за 2018 – 2021 роки наведена у табл.1.4 та на рис. 1.3.

Таблиця 1.4 – Величина споживання електроенергії за 2018 – 2021 роки

Місяць	Електроенергію, кВт·год			
	2018 рік	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	2923	3116	2657	2907
Лютий	2804	2562	2975	2696
Березень	2823	2737	1835	-
Квітень	2194	2800	884	-
Травень	2266	1880	1081	-
Червень	1693	1754	1502	-
Липень	1627	2050	1283	-
Серпень	1960	1920	1267	-
Вересень	2652	2775	1732	-
Жовтень	2979	3066	1799	-
Листопад	3175	2960	2951	-
Грудень	2946	3015	3018	-

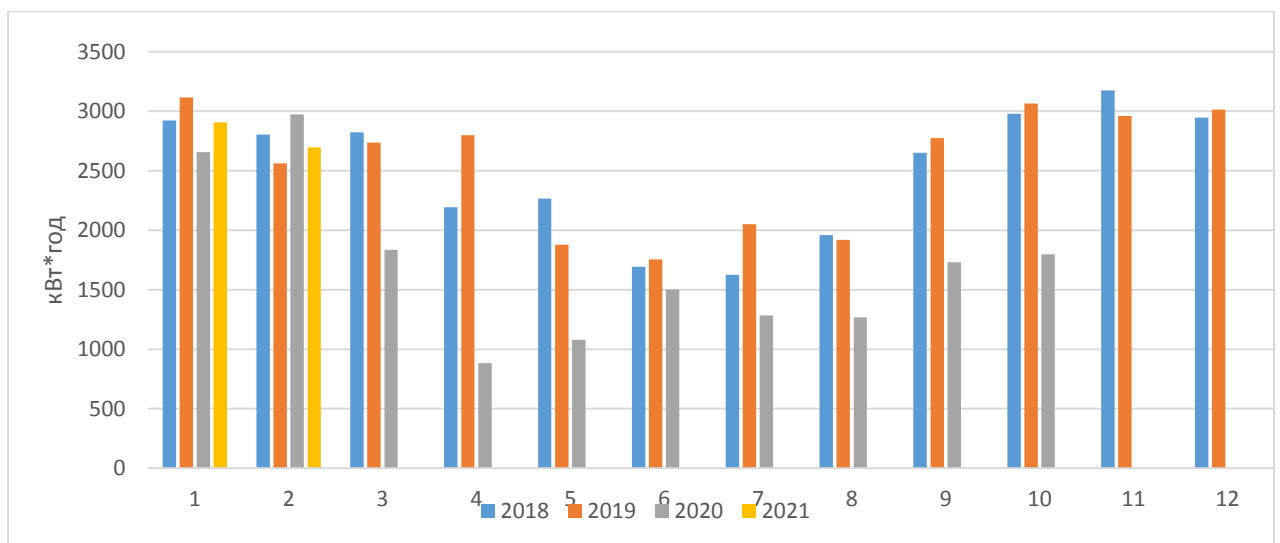


Рисунок 1.3 – Обсяги споживання електроенергії за 2018 – 2021 роки

1.4.3 Аналіз обсягів споживання гарячої води

Величина споживання гарячої води за 2018 – 2021 роки наведена у табл.1.5 та на рис. 1.4.

Таблиця 1.5 – Величина споживання гарячої води за 2018 – 2021 роки

Місяць	Гаряча вода, м ²			
	2018 рік	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	41	44	28	9
Лютий	49	49	30	30
Березень	50	65	25	-
Квітень	69	63	0	-
Травень	57	42	6	-
Червень	28	25	21	-
Липень	52	1	3	-
Серпень	19	0	0	-
Вересень	49	53	48	-
Жовтень	12	40	3	-
Листопад	39	38	50	-
Грудень	53	35	39	-

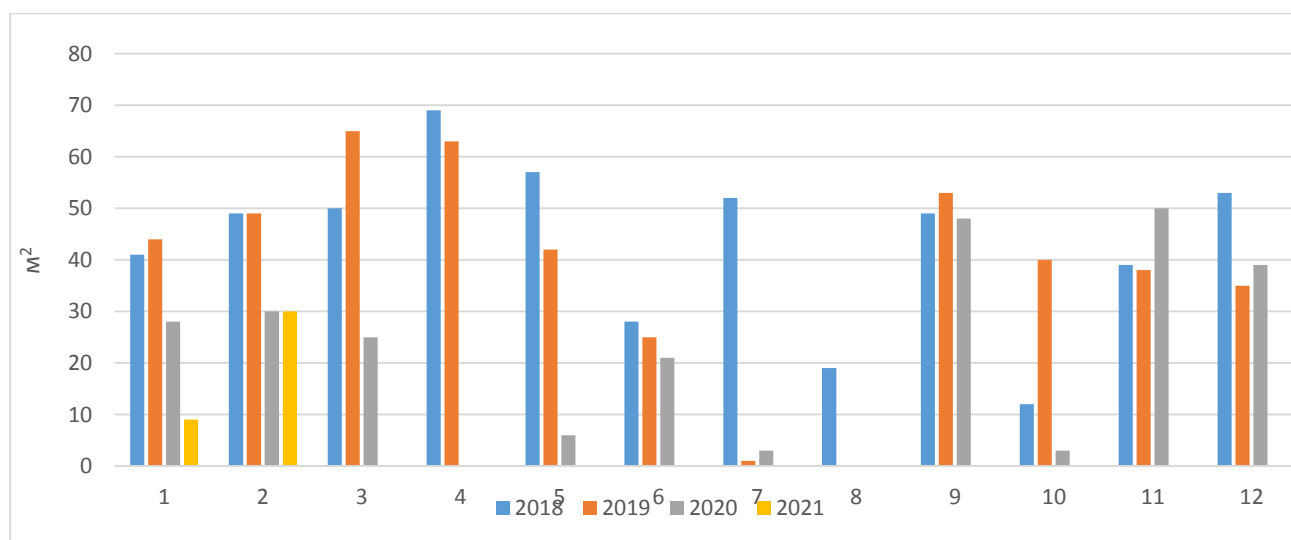


Рисунок 1.4 – Обсяги споживання гарячої води за 2018 – 2021 роки

1.4.4 Аналіз обсягів споживання холодної води

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

Таблиця 1.6 – Величина споживання холодної води за 2019 – 2021 роки

Місяць	Гаряча вода, м ²			
	2018 рік	2019 рік	2020 рік	2021 рік
Січень	74	75	88	79
Лютий	49	72	78	75
Березень	69	83	62	79
Квітень	82	82	35	78
Травень	85	72	28	-
Червень	75	73	56	-
Липень	72	74	54	-
Серпень	83	49	49	-
Вересень	81	69	70	-
Жовтень	72	82	86	-
Листопад	75	85	85	-
Грудень	72	80	77	-

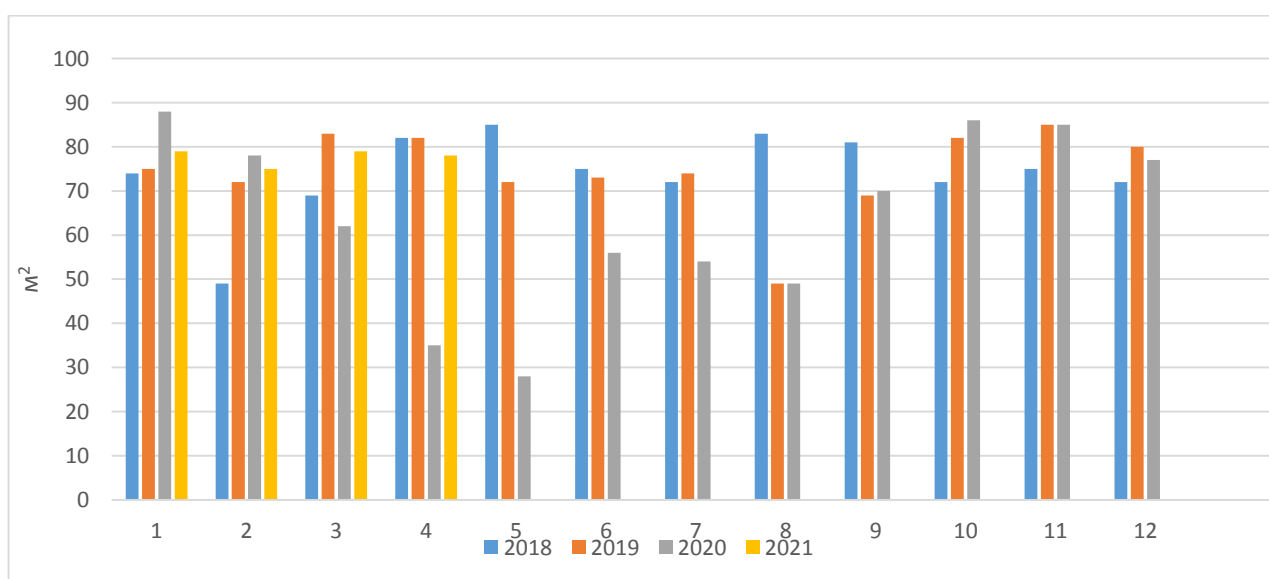


Рисунок 1.5 – Обсяги споживання холодної води за 2019 – 2021 роки

1.5 Техніко-економічний аналіз споживання енергоносіїв

1.5.1 Техніко-економічний аналіз споживання тепла

З метою надання об'єктивного висновку про ефективність споживання теплової енергії на опалення будівлі закладу, який обстежується, необхідно провести порівняння дійсних обсягів споживання теплової енергії зі встановленими державними нормами. Аналіз ефективності системи тепlopостачання закладу необхідно проводити за фактичними величинами попередніх опалювальних періодів, у яких середньомісячні температури розташовані у діапазоні нормованих показників [6].

Питома потреба (EP) – це показник енергоефективності будинку, що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до об'єму будівлі для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщеннях і відноситься до одиниці опалювальної площі або об'єму будинку [5, п.3.24]:

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

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

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

Питома потреба на опалення будинків повинна відповідати умові [5, п.5.1]:

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

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

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

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					19

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

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

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

- опалювальний період 2018–2019 рік – $Q_{оп} = 293$ Гкал;
- опалювальний період 2019–2020 рік – $Q_{оп} = 225$ Гкал;
- опалювальний період 2020–2021 рік – $Q_{оп} = 243$ Гкал.

Значення фактичних питомих енерговитрат за періодами опалення становлять:

- опалювальний період 2018–2019 рік – $EP = 0,040$ Гкал/м³;
- опалювальний період 2019–2020 рік – $EP = 0,030$ Гкал/м³;
- опалювальний період 2020–2021 рік – $EP = 0,033$ Гкал/м³.

Осереднене значення показника енергоефективності будинку за визначеними опалювальними періодами становить – $EP = 0,0353$ Гкал/м³.

1.5.2 Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії

Техніко-економічний аналіз споживання електричної енергії можна зробити за рахунок порівняння фактичних норм споживання електричної енергії з нормованим значенням. Згідно з [6,9] норма споживання електричної енергії дошкільними дитячими виховними закладами з електрифікованими харчоблоками на дитину за кількості 206 дітей складає для Сумської області 380 кВт·год. Для будівлі ДНЗ № 15 фактичне споживання електричної енергії на одну дитину складає:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					20

- 2018 рік: = 145,85 кВт·год/дитину;
- 2019 рік: = 148,71 кВт·год/дитину;
- 2020 рік: = 111,54 кВт·год/дитину.

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

1.5.3 Техніко-економічний аналіз споживання води

Витрати води у будівлі залежать від кількості працівників та вихованців, пори року. Аналіз графіків зміни витрат води по місяцям року показує відповідність витрат води нормативам. За відомими величинами місячних витрат води і відомій кількості працюючих та вихованців у будівлі визначено питомі показники витрат холодної і гарячої води на одну особу за добу, які можна порівняти з нормативними величинами споживання холодної і гарячої води на одну особу відповідно до [10]. Норма витрат води для будівлі навчального закладу становить – 21,5 л/особу. Значення фактичних питомих витрат гарячої і холодної води, л/особу за добу становлять:

- 2018 рік – 12,5 л/особу;
- 2019 рік – 8,9 л/особу;
- 2020 рік – 11,7 л/особу.

Порівняння норми витрат води і дійсних величин витрат показує, що реальні значення за два роки перевищують нормовані, що є поштовхом до застосування відповідних енергозберігаючих заходів.

Для наочності і пошуку можливих джерел економії фінансових коштів наведемо діаграму вартості спожитих: електричної, теплової енергії, гарячої та холодної води за 2020 рік. Дана діаграма представлена на рис. 1.5.

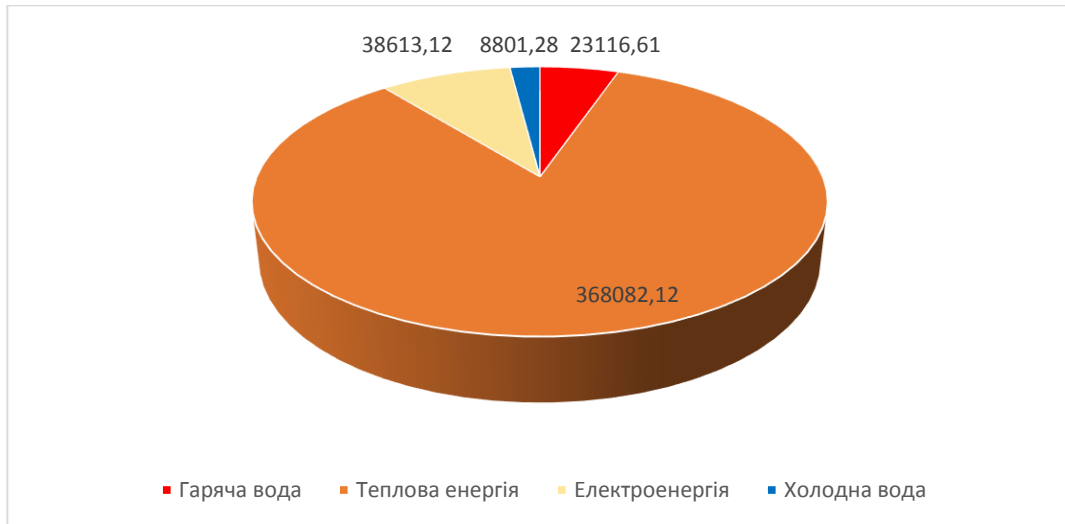


Рисунок 1.5 – Вартість спожитих енергоресурсів та води за 2020 рік

Проаналізувавши зображену на рис. 1.5 діаграму ми бачимо, що найбільше коштів сплачується за теплову енергію.

1.6 Висновки до розділу 1

Під час огляду будівлі, значних пошкоджень огорожувальних конструкцій виявлено не було. Результати розрахунку опору теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій, свідчать про їх невідповідність мінімально допустимим значенням. 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.

2 ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ ОБСТЕЖЕННЯ

2.1 Опис методів та приладів вимірювання

Під час проведення інструментального обстеження ДНЗ №15 «Перлинка» 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 [7]. Зображення тепловізора представлено на рис. 2.1.



Рисунок 2.1 – Тепловізор Fluke Ti25 виробництво США

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	23

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.

Технічні характеристики тепловізор представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 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

2.2 Аналіз результатів тепловізійного обстеження

Тепловізійне обстеження будівлі Сумського дошкільного навчального закладу (ясла-садок) № 15 "Перлинка" м. Суми, Сумської області було проведено 18 лютого 2021 року з використанням тепловізора Fluke Ti25. У роботі надані термограми, які найбільш наочно демонструють типові проблемні місця будівель.

Мета обстеження – виявлення місць найбільших тепловтрат у будівлі ДНЗ № 15. На момент проведення тепловізійного обстеження температура навколишнього середовища становила -10°C . Середня температура всередині 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 (ДНЗ №15)

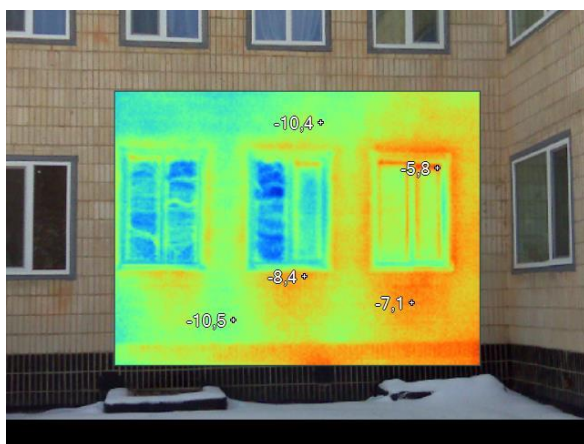


Рисунок 2.2 – Термограма вікон



Рисунок 2.3 – Термограма вікон

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

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

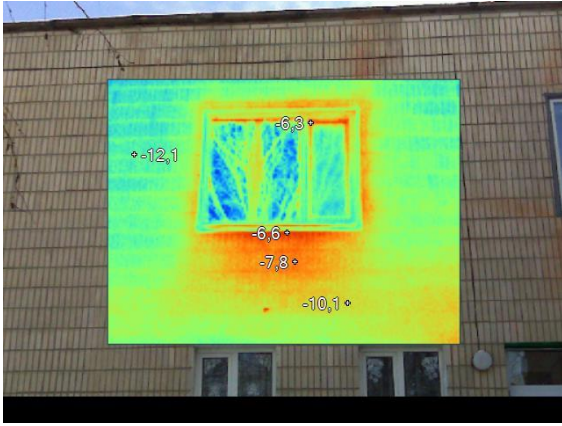


Рисунок 2.4 – Термограма вікон

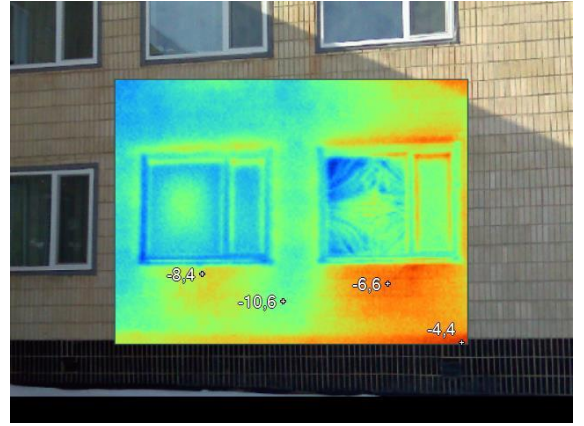


Рисунок 2.5 – Термограма вікон

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

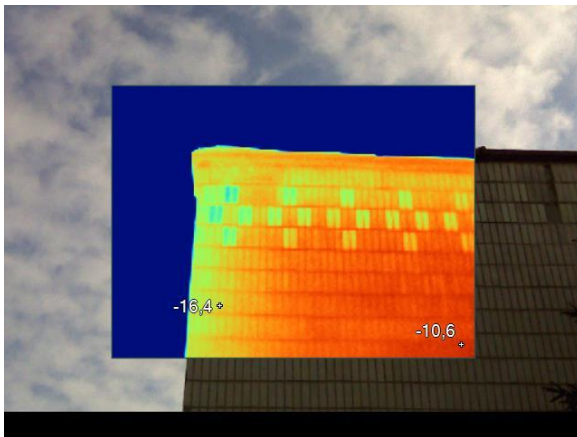


Рисунок 2.6 – Термограма зовнішніх стін

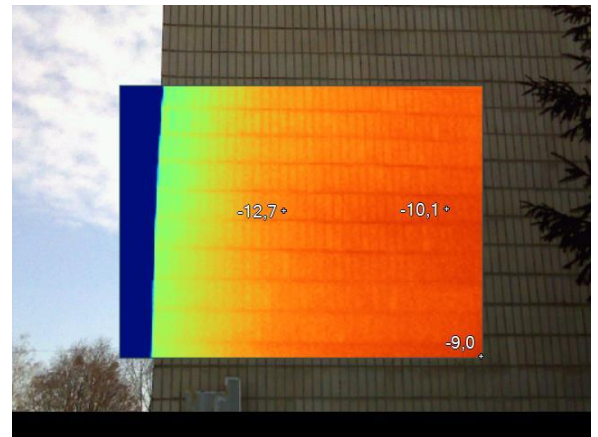


Рисунок 2.7 – Термограма зовнішніх стін

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

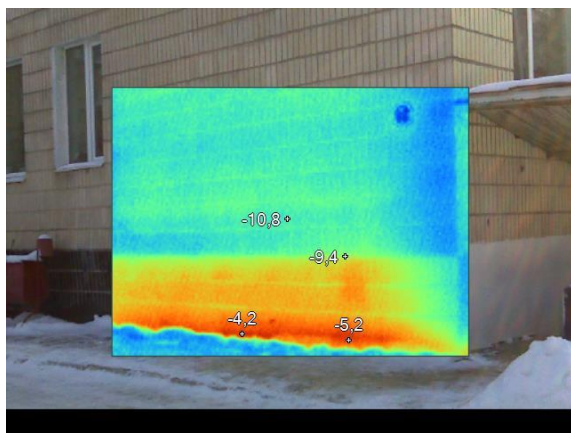


Рисунок 2.8 – Термограма місць розташування приладів опалення

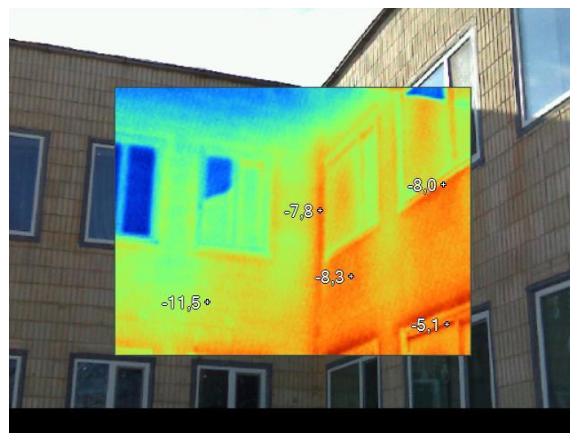


Рисунок 2.9 – Термограма кутових з'єднань

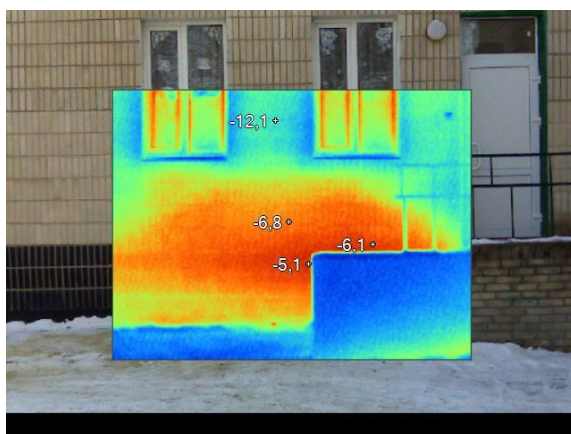


Рисунок 2.10 – Термограма місць розташування приладів опалення

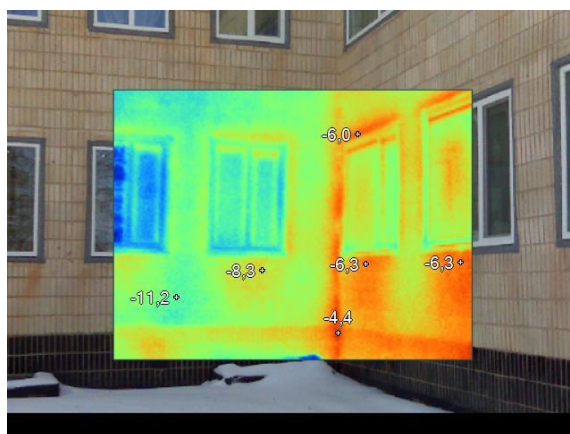


Рисунок 2.11 – Термограма кутових з'єднань

Відбуваються втрати тепла крізь місця стіни де розташовані прилади опалення, що свідчить про значну втрату її опору теплопередачі внаслідок низької величини термічного опору стін. Кутові з'єднання стінових конструкцій також є джерелом втрати теплової енергії.

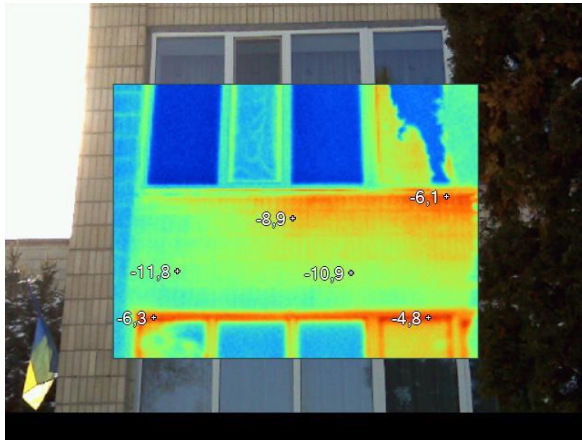


Рисунок 2.12 – Термограма прилягання віконної рами

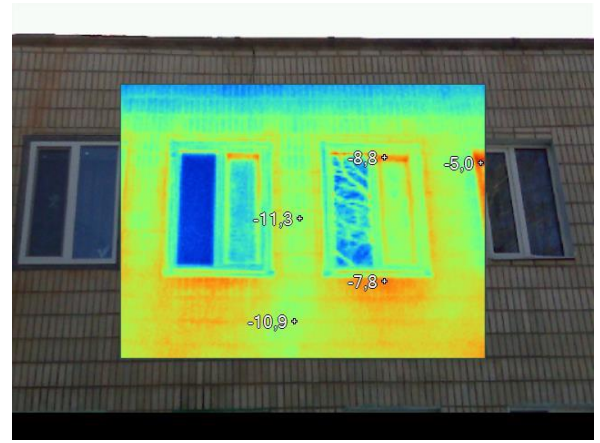


Рисунок 2.13 – Термограма прилягання віконної рами



Рисунок 2.14 – Термограма прилягання віконної рами

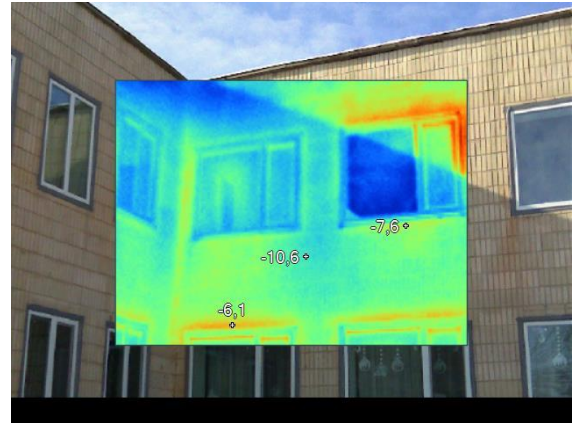


Рисунок 2.15 – Термограма прилягання віконної рами

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

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

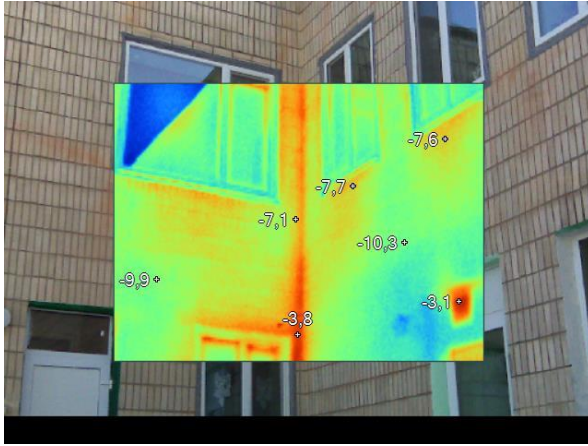


Рисунок 2.16 – Термограма вентиляційний отворів

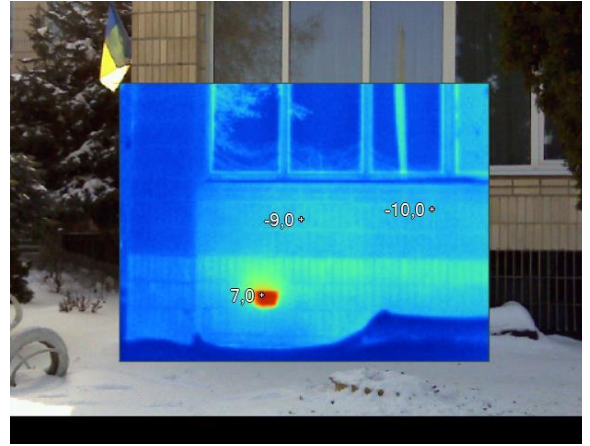


Рисунок 2.17 – Термограма вентиляційний отворів

Тепловтрати крізь вентиляційні отвори в стіні будівлі. Кутові з'єднання стінових конструкцій також є джерелом втрати теплової енергії.

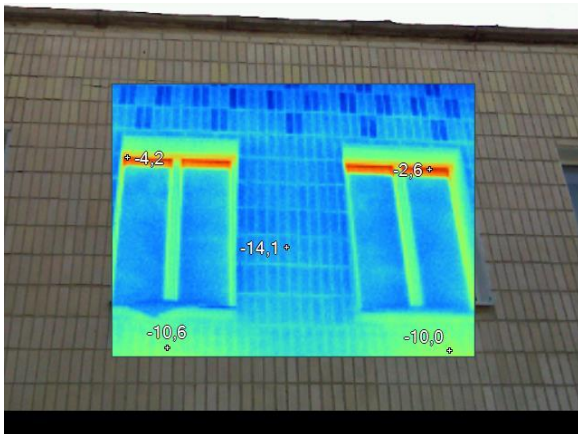


Рисунок 2.18 – Термограма відкритих вікон

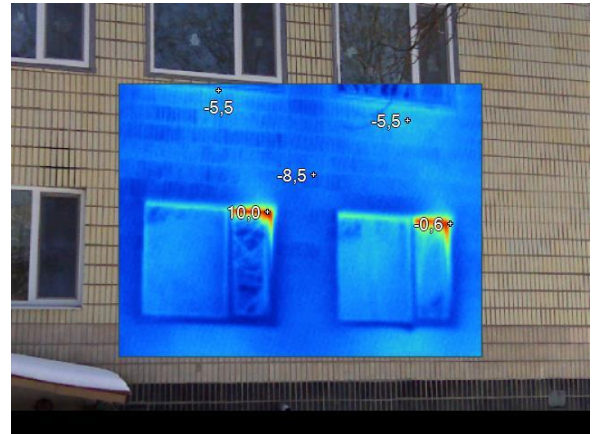


Рисунок 2.19 – Термограма відкритих вікон

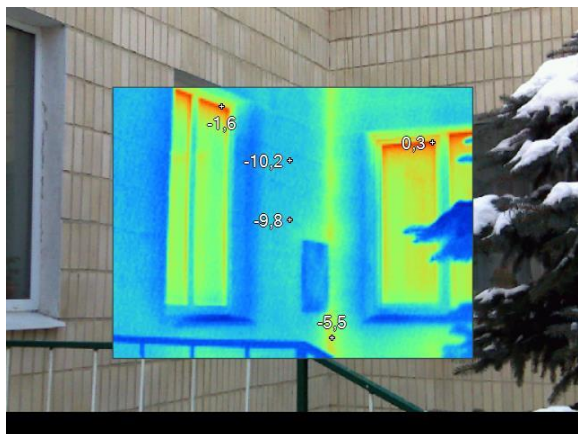


Рисунок 2.20 – Термограма відкритих вікон

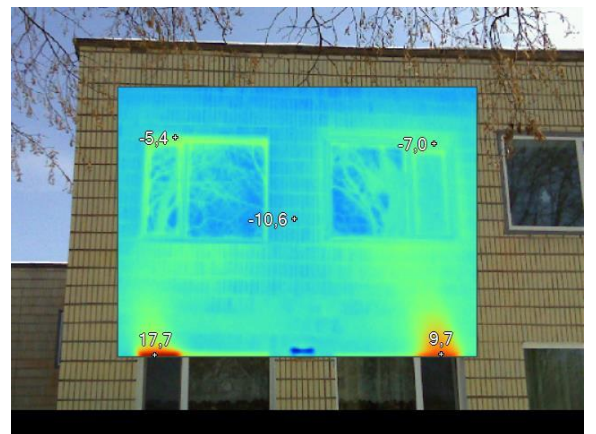


Рисунок 2.21 – Термограма відкритих вікон

Через недостатню вентиляцію приміщення, працівники відкривають вікна для провітрювання, через що відбувається значна втрата тепла з приміщення.

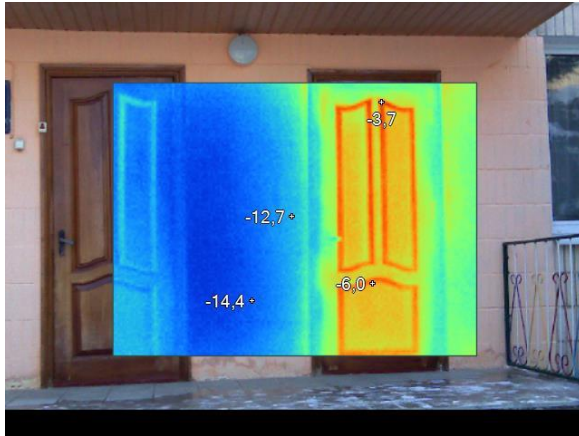


Рисунок 2.22 – Термограма дверей

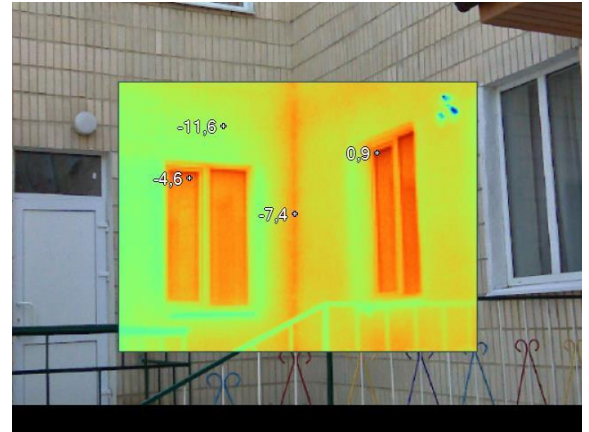


Рисунок 2.23 – Термограма дверей

Тепловтрати недостаток теплозахисних властивостей к дверях та вікнах.

2.3 Висновки до розділу 2

Під час тепловізійного обстеження було виявлено проблемні місця, через які можливі тепловтрати з приміщень, а саме через:

- підвищена температура зовнішньої поверхні стіни свідчить про часткову втрату стінами теплозахисних властивостей;
- через відкривання вікон;
- через вентиляційні отвори;
- відбуваються втрати тепла крізь місця стіни де розташовані прилади опалення.

3 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

3.1 Розрахунок питомої енергопотреби на опалення та охолодження

3.1.1 Характеристика передачі трансмісією

Розраховуємо узагальнені коефіцієнти теплопередачі трансмісією зовнішніх огорожувальних конструкцій, та

Коефіцієнт теплопередачі трансмісією H_x [8], Вт/К, визначається за наступною формулою:

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

де A_i – площа і-го елемента оболонки будівлі, м²;

U_i – приведений коефіцієнт теплопередачі і-го елемента оболонки будівлі, Вт/м² · К;

$b_{tr,x}$ – поправочний коефіцієнт.

Значення загального коефіцієнта теплопередачі трансмісією $H_{tr adj}$, Вт/К, повинно бути розраховане згідно з [8] за формулою:

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

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;

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

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 [8]:

– для опалення, Вт/К:

$$H_{tr adj,0} = 1275,18 + 781,77 + 517,96 + 25,53 + 314,16 + 184,22 + 122,55 = 3221,38.$$

– для охолодження, Вт/К:

$$H_{tr adj,0x} = 1275,18 + 0 + 517,96 + 36,48 + 314,16 + 184,22 + 122,55 = 2450,55$$

Сумарна теплопередача трансмісією Q_{tr} [8], 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.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Таблиця 3.1 – Характеристики теплопередачі трансмісією на опалення

Огороджувальні 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	1182,544	0,93	1,08	1275,18	1275,18
Горище	1223,30	1,57	0,64	781,77	0,00
Підлога	1223,30	0,31	0,41	517,96	517,96
Вхідні двері	19,76	0,54	1,85	25,53	36,48
Світлопрозорі конструкції Тип А	235,62	0,75	1,33	314,16	314,16
Світлопрозорі конструкції Тип В	138,16	0,75	1,33	184,22	184,22
Світлопрозорі конструкції Тип С	91,91	0,75	1,33	122,55	122,55
Загальний коефіцієнт теплопередачі трансмісією				3221,38	2450,55

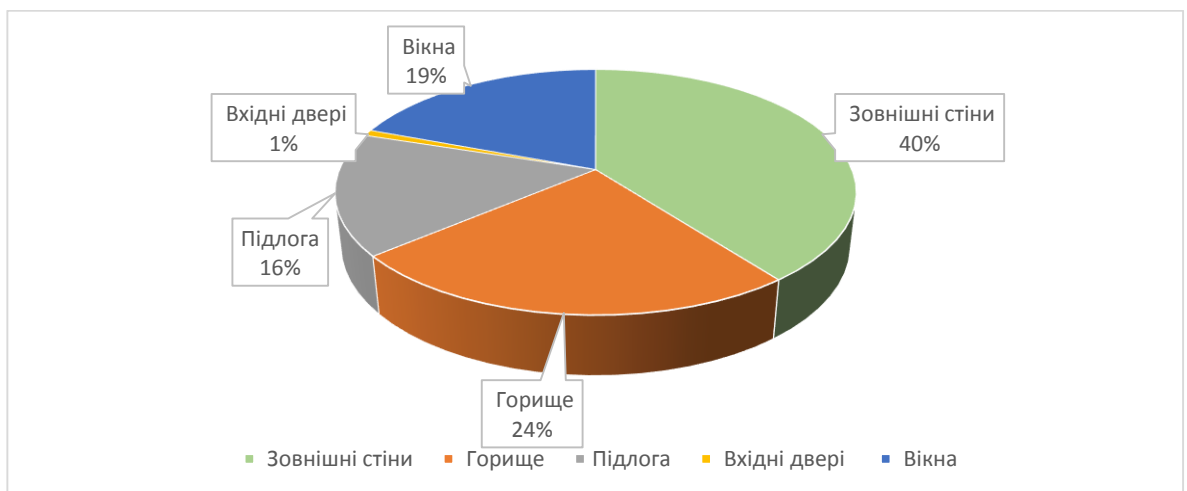


Рисунок 3.1 – Втрати тепла через огорожувальні конструкції

З рисунку 3.1 бачимо, що найбільший відсоток втрат тепла зовнішніх огорожувальних конструкцій припадає на стіни, 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.

3.1.2 Характеристика передачі вентиляцією

Теплоутилізаційні установки в системі вентиляції будівлі навчального корпусу ЕТ відсутні.

Значення загального коефіцієнта теплопередачі вентиляцією $H_{ve,adj}$ [8], 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 [8]:

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

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 [12] 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.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

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

$$q_{ve,k} = (257 \cdot 4,2 + 12446,6 \cdot 0,7)/3,6 = 10051,3.$$

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

$$q_{ve,k,mn} = 62803,4 \cdot 1,0 = 10051,3.$$

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

$$H_{ve,adj} = 0,33 \cdot (1 \cdot 10051,3) = 3316,9.$$

Сумарну теплопередачу вентиляцією [8] 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.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

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	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	70578,7
Лютий	-5,8	672	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	61965,4
Березень	-0,8	744	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	56265,6
Квітень	8,1	360	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	16597,9
Травень	14,6	0	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	0,0
Червень	17,9	0	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	0,0
Липень	19,5	0	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	0,0
Серпень	18,4	0	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	0,0
Вересень	13	0	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	0,0
Жовтень	6,7	240	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	12179,7
Листопад	0,4	720	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	51584,7
Грудень	-4,3	744	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	64902,8
Всього									334074,9

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	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	0,0
Лютий	-5,8	0	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	0,0
Березень	-0,8	0	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	0,0
Квітень	8,1	0	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	0,0
Травень	14,6	0	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	0,0
Червень	17,9	240	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	3263,8
Липень	19,5	310	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	2570,6
Серпень	18,4	279	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	3331,5
Вересень	13	0	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	0,0
Жовтень	6,7	0	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	0,0
Листопад	0,4	0	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	0,0
Грудень	-4,3	0	257	4,2	0,7	10051,3	10051,3	3316,9	0,0
Всього									9166,0

3.1.3 Характеристики внутрішніх теплонадходжень

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел Q_{int} [8], 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 [8]. 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 3.3.

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	2446,6	7	7	3	9209,7
Лютий	672	200	2446,6	7	7	3	8318,4
Березень	744	221	2446,6	7	7	3	9209,7
Квітень	720	214	2446,6	7	7	3	8912,6
Травень	744	221	2446,6	7	7	3	9209,7
Червень	720	214	2446,6	7	7	3	8912,6
Липень	744	221	2446,6	7	7	3	9209,7
Серпень	744	221	2446,6	7	7	3	9209,7
Вересень	720	214	2446,6	7	7	3	8912,6
Жовтень	744	221	2446,6	7	7	3	9209,7
Листопад	720	214	2446,6	7	7	3	8912,6
Грудень	744	221	2446,6	7	7	3	9209,7
Всього							108436,8

3.1.4 Сонячні теплонадходження

Загальний коефіцієнт пропускання сонячної енергії світлопрозорої частини елемента g_{gl} визначається за формулою [8]:

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

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 [4]:

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

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 [8].

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

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

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

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

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 застеленого елемента оболонки A_{sol} [8], 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 застеленого елемента, приймаємо 0,3;

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

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

Таблиця 3.6 – Площа зашкленених 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

Пн	Пд	Зх	Сх	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 [8]:

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

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 [8]:

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

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 [8], 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

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 [8]:

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

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	5501,3
Лютий	672,0	8668,5
Березень	744,0	14360,9
Квітень	720,0	16427,4
Травень	744,0	21177,4
Червень	720,0	21113,4
Липень	744,0	21475,5
Серпень	744,0	19216,9
Вересень	720,0	15463,2
Жовтень	744,0	10033,4
Листопад	720,0	4548,0
Грудень	744,0	4046,4

3.1.5 Динамічні параметри

Внутрішня теплоємність будівлі C_m , Вт · год/К, [8]:

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

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

$$C_m = 80 \cdot 2446,6 = 195728.$$

Часова константа зони будівлі τ , год, розраховують за формулою [8]:

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

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

$$\tau = \frac{195728}{3221,38 + 3317 + 0} = 29,94.$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

– для режиму охолодження

$$\tau = \frac{195728}{2450,6 + 3317 + 0} = 33,94.$$

Безрозмірний числовий параметр a_H для опалення знаходиться за формулою [8]:

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

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 [8]:

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

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

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

місяця за формулами наведеними в [8], розрахунок здійснюється на підставі співвідношення надходжень і втрат теплоти для опалення Y_H та охолодження Y_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
$A_{f,конд}$	2446,6
$H_{tr,adj}$	3221,38
$H_{ve,adj}$	3316,9198

3.1.6 Енергопотреба на опалення та охолодження

Енергопотребу для опалення $Q_{H,nd}$, кВт · год, за умови постійного опалення, розраховують за формулою [8]:

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

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 [8]:

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

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 ДНЗ №15 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 ДНЗ №15 по місяцям року.

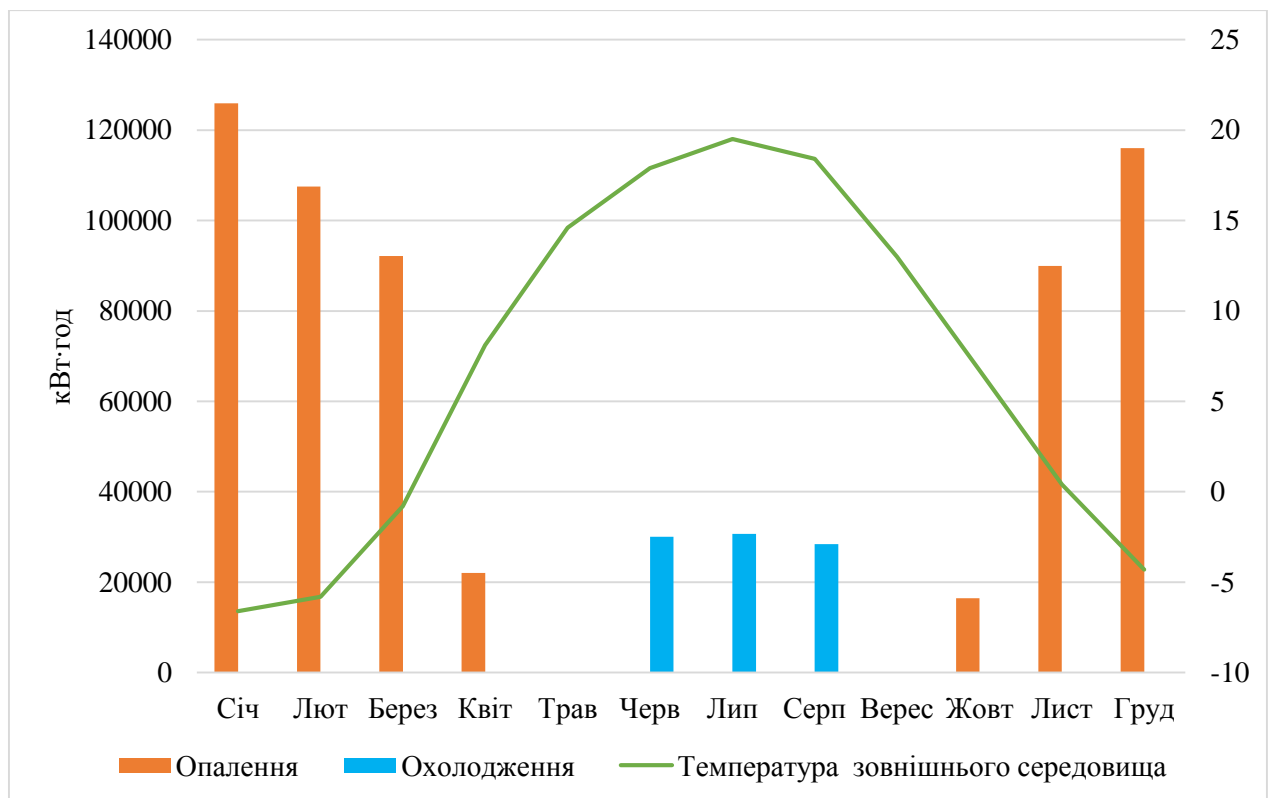


Рисунок 3.2 – Енергопотреба в опаленні та охолодженні

Таблиця 3.15 – Сумарні тепловтрати для опалення

Місяць	θ_c	Теплопередача трансмisiєю, кВт·год	Теплопередача вентиляцією, кВт·год	Сумарні тепловтрати, кВт·год
Січень	-6,6	68 545,7	70 579	139 124,5
Лютий	-5,8	60 180,5	61 965	122 145,8
Березень	-0,8	54 644,8	56 266	110 910,4
Квітень	8,1	16 119,8	16 598	32 717,6
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	11 828,9	12 180	24 008,6
Листопад	0,4	50 098,8	51 585	101 683,6
Грудень	-4,3	63 033,3	64 903	127 936,1
Всього		324451,8	334074,9	658 526,7

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	9 209,7	5 501	14 711,0	125953,26
Лютий	8 318,4	8 668	16 986,9	107481,51
Березень	9 209,7	14 361	23 570,6	92167,91
Квітень	8 912,6	16 427	25 340,0	22035,14
Травень	9 209,7	21 177	30 387,1	0,00
Червень	8 912,6	21 113	30 026,0	0,00
Липень	9 209,7	21 476	30 685,2	0,00
Серпень	9 209,7	19 217	28 426,6	0,00
Вересень	8 912,6	15 463	24 375,8	0,00
Жовтень	9 209,7	10 033	19 243,1	16126,82
Листопад	8 912,6	4 548	13 460,6	89977,45
Грудень	9 209,7	4 046	13 256,1	116040,18
Всього	108436,8	162032,4	270469,2	569782,26

Згідно результатів розрахунку річна енергопотреба на опалення складає
 $Q_{H,nd} = 569782,26 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$

Таблиця 3.17 – Сумарні тепловтрати для охолодження

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Місяць	θ_c	Теплопередача трансмisiєю, кВт·год	Теплопередача вентиляцією, кВт·год	Сумарні тепловтрати, 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	2 411,3	3 264	5 675,2
Липень	19,5	1 899,2	2 571	4 469,8
Серпень	18,4	2 461,3	3 332	5 792,8
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		6771,9	9166,0	15 937,8

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	9 209,7	5 501,3	14 711,0	0,00
Лютий	8 318,4	8 668,5	16 986,9	0,00
Березень	9 209,7	14 360,9	23 570,6	0,00
Квітень	8 912,6	16 427,4	25 340,0	0,00
Травень	9 209,7	21 177,4	30 387,1	0,00
Червень	8 912,6	21 113,4	30 026,0	30030,67
Липень	9 209,7	21 475,5	30 685,2	30686,44
Серпень	9 209,7	19 216,9	28 426,6	28433,16
Вересень	8 912,6	15 463,2	24 375,8	0,00
Жовтень	9 209,7	10 033,4	19 243,1	0,00
Листопад	8 912,6	4 548,0	13 460,6	0,00
Грудень	9 209,7	4 046,4	13 256,1	0,00
Всього	108436,8	162032,4	270469,2	89150,27

Згідно результатів розрахунку річна енергопотреба на охолодження складає $Q_{c,nd} = 89150,27$ кВт·год.

3.1.7 Визначення питомого енергоспоживання при опаленні

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		51

Розрахунок загальних тепловтрат підсистем тепловіддачі/виділення $Q_{H,em,is}$, кВт · год, визнається за формулою [13]:

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

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 [13]:

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

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 [13]:

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

Утилізовані тепловтрати $Q_{H,dis,ls,rvd,i}$, кВт · год, розраховується за формулою [13]:

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

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

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

Тепловтрати підсистем розподілення впродовж місяця $Q_{H,dis,ls,i}$, кВт · год, розраховують за формулою [13]:

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

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 у продовж 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 [13]:

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

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 [13]:

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

Загальні тепловтрати підсистем виробництва/генерування та акумулювання теплоти упродовж місяця $Q_{Hgen,ls,i}$, кВт · год, розраховуються за допомогою формули [13]:

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

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 [13]:

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

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

$Q_{Hgen,ls,i}$ – 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 3.19 – 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	42225,8	125953,3	168179,1	76,2	2666,4
Лютий	36033,2	107481,5	143514,7	74,6	2347,4
Березень	30899,3	92167,9	123067,2	64,6	2177,0
Квітень	7387,3	22035,1	29422,4	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	5406,5	16126,8	21533,3	47,9	475,0
Листопад	30164,9	89977,4	120142,4	61,8	1992,4
Грудень	38902,5	116040,2	154942,7	71,6	2472,3
Всього	191019,5	569782,3	760801,8	-	12783,7

Таблиця 3.20 – 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	71741,5	57809,0	16598,9	184778,0	113251,0	298029,0
Лютий	62885,9	48858,8	16374,5	159889,1	97996,6	257885,7
Березень	56387,3	40353,4	18210,8	141278,0	86589,8	227867,8
Квітень	14730,9	5589,0	9795,1	39217,5	24036,5	63254,0
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	11058,8	4076,6	7457,2	28990,5	17768,4	46758,9
Листопад	50981,7	39902,9	13071,2	133213,6	81647,0	214860,6
Грудень	65652,8	53024,7	15100,4	170043,0	104219,9	274263,0
Всього	333438,8	249614,5	96608,0	857409,7	525509,2	1382918,9

Згідно отриманих результатів розрахунку річне енергоспоживання при опаленні $Q_{H,use} = 1382918,9$ кВт · год.

Питоме енергоспоживання при опаленні $EP_{H,use}$, кВт · год/м³, [13]:

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

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:

$$EP_{H,use} = \frac{1382918,9}{7339,8} = 188,41.$$

3.1.8 Визначення питомого енергоспоживання при охолодженні

Річні тепловтрати підсистемою розподілення охолодження $Q_{C,dis,ls}$, кВт · год, визначають за формулою [13]:

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

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 [13]:

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

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

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

$Q_{C,dis,ls}$ – 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 [13]:

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

$\eta_{C,oc}$ – 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 [13]:

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

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

Річне енергоспоживання при охолодженні $Q_{C,use}$, кВт · год, [13]:

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

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 3.21.

Таблиця 3.21 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	30030,7	6907,1	36937,7	45046,0	-25025,6	20020,4
Липень	30686,4	7057,9	37744,3	46029,7	-25572,0	20457,6
Серпень	28433,2	6539,6	34972,8	42649,7	-23694,3	18955,4
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	89150,3	20504,6	109654,8	133725,4	-74291,9	59433,5

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 [13]:

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

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

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

$$EP_{H,use} = \frac{247789,6}{7339,8} = 8,1.$$

3.1.9 Визначення класу енергетичної ефективності будівлі

Загальний показник питомого енергоспоживання при опаленні, охолодженні та постачанні гарячої води EP , кВт · год/м³, розраховується за формулою [13]:

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

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.

$$EP = 188,41 + 8,1 = 196,51.$$

Тобто, відповідно до таблиці 4 [13] та отриманих результатів розрахунків клас енергоефективності будівлі ДНЗ № 15 «Перлинка» становить «G». Енергетичний сертифікат наведено в додатку А.

3.1.10 Енергоспоживання системи вентиляції

Електрична потужність вентиляторів P_{el} , кВт [13]:

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

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.

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

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

Енергоспоживання припливного та витяжного вентиляторів системи вентиляції $Q_{V,sys,fan}$, кВт · год, розраховується за формулою [13]:

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

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 [13]:

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

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

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

3.1.11 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 [13]:

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

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;

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	60

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 [13]:

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

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

F_C – постійний коефіцієнт яскравості, що відноситься до використання встановлення освітлення при функціонуєчому 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 природного 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 [13]:

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

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

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 [13]:

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

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

A_f – кондиціонована (опалювана) площа будівлі, м.

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

3.1.12 Проведення розрахунків первинної енергії та викидів парникових газів

Первинна енергія E_p , кВт · год, обчислюється для кожного енергоносія та розраховується за формулою [13]:

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

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

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

$$E_p = 77907 \cdot 2,3 + 469799 \cdot 2,3 + 6618734 \cdot 1,3 + 247789 \cdot 1,3 = 10186208.$$

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	62

Питомий показник споживання первинної енергії e_p , кВт · год/м², розраховується за формулою [13]:

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

$$e_p = \frac{10186208}{12127} = 839,9.$$

Маса викидів парникових газів m_{CO_2} , кг, розраховується з поставленої та експортованої енергії для кожного енергоносія за формулою [13]:

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

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

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

$$m_{CO_2} = \frac{77907 \cdot 420 + 469799 \cdot 420 + 6618734 \cdot 260 + 247789 \cdot 260}{1000} = 2015333.$$

Питомий показник викидів парникових газів M_{CO_2} , кг/м², розраховується за формулою [13]:

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

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

A_f – кондиціонована (опалювана) площа будівлі, м².

Тоді питомий показник викидів парникових газів буде дорівнювати:

$$M_{CO_2} = \frac{2015333}{12127} = 166,2.$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

3.2 Висновки до розділу 3

В цьому розділі проведені розрахунки річної енергопотребы будівлі на опалення, яке дорівнює $Q_{H,nd} = 569782,26$ кВт · год, а також на охолодження $Q_{C,nd} = 89150,27$ кВт · год. З розрахунків було визначено значення загального показника питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні, що склав $EP = 196,51$ кВт · год/м³.

Аналіз одержаних результатів показав, що значення питомого енергоспоживання будівлею при опаленні є більшими ніж мінімальне значення, та згідно з [3] отримане значення відповідає класу «G» енергоефективності будівлі.

Відповідно до [3] був розроблений енергетичний сертифікат будівлі, який наведено в додатку А.

Розрахунки дали змогу підтвердити, що в ДНЗ №15 наявні тепловтрати, тому для запобігання подальших втрат, потрібно провести заходи з підвищення енергетичної ефективності.

Аналізуючи розрахунки в розділі можна оцінити теплопровідність по кожній огороджувальній конструкції, що дозволить визначити резерв запропонованих заходів.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

4 ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

4.1 Запропоновані заходи

В таблиці 4.1 наведено перелік рекомендованих для впровадження в ДНЗ №15 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 індивідуального теплового пункту з модернізацією системи опалення	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Вентиляція з рекуперацією тепла	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Заміна існуючого освітлення світлодіодним освітленням	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Розрахунки проводяться з прив'язкою до діючих тарифів на енергоносії, щоб визначити загальну суму витрат на них та знаходження економії коштів від застосування енергозберігаючих заходів. В таблиці 4.2 наведено діючі тарифи на енергоносії для дитячих дошкільних закладів.

Таблиця 4.2 – Тарифи на енергоносії

Енергоносій	Тариф, грн
Електроенергії, кВт · год	1,68
Централізоване теплопостачання, Гкал	1613,76

4.2 Теплоізоляція зовнішніх стін

Зовнішні стіни будівлі знаходяться в задовільному стані, але їх теплозахисні властивості не відповідають нормам. Середній коефіцієнт теплопередачі стін становить $U_{\text{стіна}} = 1,08 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, а згідно з [6] має дорівнювати $U_{\text{стіна}}^{\text{макс}} = 0,30 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

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 [8] :

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

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 [4]

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

$$\delta_{\text{ут}} = [3,3 - 0,93] \cdot 0,045 = 0,106 \text{ м.}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

Для варіативності, пропонуємо два пакети (А та Б) енергозберігаючих заходів. В пакеті А пропонується використовувати ізоляцію товщиною 100 мм. Для пакету Б – 150 мм.

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

Згідно з [11,14] 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 1300 грн за м², а для 150 мм – 1550 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	1,08	
U-значення після	Вт/м ² · К	0,3	0,24
Енергоспоживання до	кВт · год	1382918,9	
Енергоспоживання після	кВт · год	1210063,3	1196905,2
Економія	%	12,5	13,5
Інвестиційні параметри			
Кількість	м ²	1668	
Інвестиції	грн	2 168 400	2 585 400

4.3 Теплоізоляція перекриття горища

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

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

$$\delta_{\text{ут}} = [4,95 - 1,57] \cdot 0,045 = 0,152 \text{ м.}$$

Пропонується провести заходи по теплоізоляції горища з використанням мінеральної вати. Для пакету А пропонується використовувати ізоляцію товщиною 150 мм, 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 [11,14] вартість робіт з утеплення 1 м^2 горища мінеральною ватою, з урахуванням усіх необхідних матеріалів та оплати праці, для теплоізоляції товщиною 150 мм становить 500 грн, а для 200 мм – 750 грн.

В таблиці 4.4 наведено техніко-економічний аналіз запропонованих заходів з утеплення суміщеного перекриття, розрахунок економії наведено в таблицях В.3 та В.4 додатку В.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					68

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	0,64	
U-значення після	Вт/м ² · К	0,20	0,16
Енергоспоживання до	кВт · год	1382918,9	
Енергоспоживання після	кВт · год	1293067,3	1284822,9
Економія	%	6,5	7,1
Інвестиційні параметри			
Кількість	м ²	1223,3	
Інвестиції	грн	611 500	917 250

4.4 Встановлення індивідуального теплового пункту 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.

Стан труб та радіаторів опалення в будівлі є незадовільний, вони зношені, відсутня теплоізоляція, пошкодженні корозією та мають накип, що

запобігає нормальній роботі системи. Рекомендовано здійснити заміну старої системи опалення на нову та модернізовану. Для цього необхідно: здійснити заміну та ізоляцію труб розподілення опалення; виконати гідравлічне балансування системи; замінити радіатори; встановлення термостатичних регуляторів.

В таблиці 4.5 наведено техніко-економічний аналіз заходу з встановлення індивідуального теплового заходу з модернізацією системи опалення, вартість взята відповідно до [15,16].

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

Параметр	Величина	Значення	
Енергоспоживання до	кВт · год	1382918,9	
Енергоспоживання після	кВт · год	631217,4	
Економія	%	54,4	
Інвестиційні параметри			
Обладнання	Ціна за одиницю, грн	Кількість одиниць	Загалом, грн
Демонтаж старої системи опалення (робота)	280000	1	280000
Встановлення індивідуального теплового пункту	430000	1	430000
Алюмінієві радіатори опалення	3300	134	442200
Трубопровідна арматура та трубопровід	600000	440	600000
Встановлення балансуючих клапанів та балансування системи опалення	280000	1	280000
Встановлення нової системи опалення (робота)	260000	1	267430
Всього			2299630

4.5 Встановлення рекуператорів тепла

Даний захід передбачає реконструкцію та очищення витяжних вентиляційних каналів, встановлення в будівлі вентиляційного обладнання, яке буде здійснювати рекуперацію тепла. Це сприятиме подачі до будівлі свіжого тепла та призведе до зменшення втрат тепла через систему вентиляції.

В таблиці 4.5 наведено техніко-економічний аналіз заходу з встановлення вентиляційних установок з рекуперацією повітря, необхідних для проведення заходу, їх вартість взята відповідно до [17].

Таблиця 4.5 – Техніко-економічний аналіз заходу з встановлення рекуператорів тепла

Параметр	Величина	Значення	
Енергоспоживання до	кВт · год	1382918,9	
Енергоспоживання після	кВт · год	826329,3	
Економія	%	40	
Інвестиційні параметри			
Обладнання	Ціна за одиницю, грн	Кількість, шт.	Інвестиції, грн
Вентиляційна установка з рекуперацією тепла, 2000 м ³ /год	92000	3	276000
Реконструкція і очищення витяжних вентиляційних каналів	150000	1	150000
Витяжний вентилятор 100 м ³ /год	980	24	23520
Всього			449520

4.6 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 [18.19]. 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	75	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
Компактні LED світильники 5 Вт	205	60	20500
Компактні LED світильники 8 Вт	75	80	
Компактні LED світильники 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 [18].

4.7 Результати розрахунків ефекту від впровадження заходів

В таблиці 4.7 наведено результати розрахунку економії енергоносіїв, коштів та терміну окупності пакету А. На рисунку 4.1 наведено відношення , а на 4.2 рисунку зображено отриманий від них ефект.

Таблиця 4.7 – Енергоефективні заходи пакету А

Захід з енергозбереження	Загальні інвестиції, грн	Економія енергії		Економія коштів, грн	Термін окупності, роки
		Теплової, кВт · год	Електричної, кВт · год		
Теплоізоляція зовнішніх стін (100 мм)	2 168 400	172855,6	-	239894,81	12,5
Теплоізоляція горища (150 мм)	611 500	89851,6	-	124699,07	6,8
Встановлення індивідуального теплового пункту з модернізацією системи опалення	2299630	751701,5	-	1043236,60	3,1
Вентиляція з рекуперацією тепла	449520	556589,6	-	772453,75	0,8
Модернізація освітлення	20500	-	47997,5	80635,80	0,4
Всього (А)	55495500	1570998,3	47997,5	2260920,03	3,4

Загальні сума інвестицій пакету А складає 3516150 грн, а простий термін окупності становить 3,4 роки..

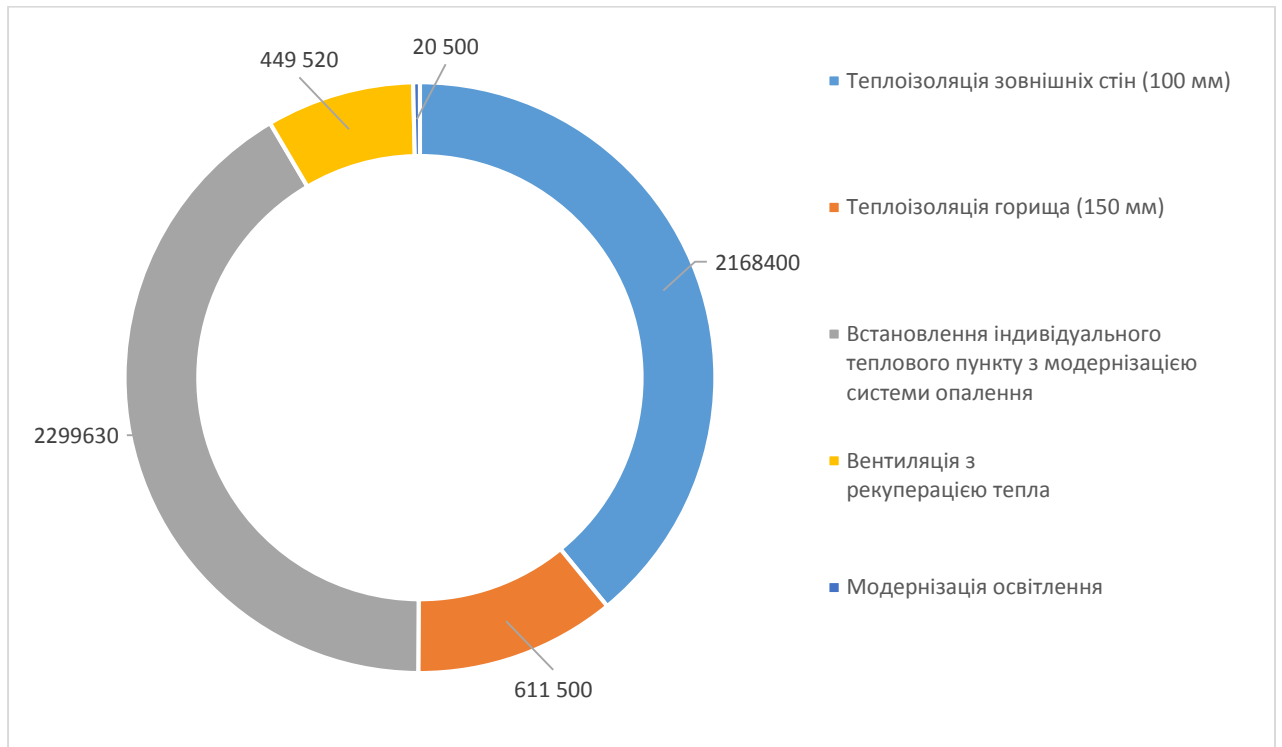


Рисунок 4.1 – Інвестиції пакету А

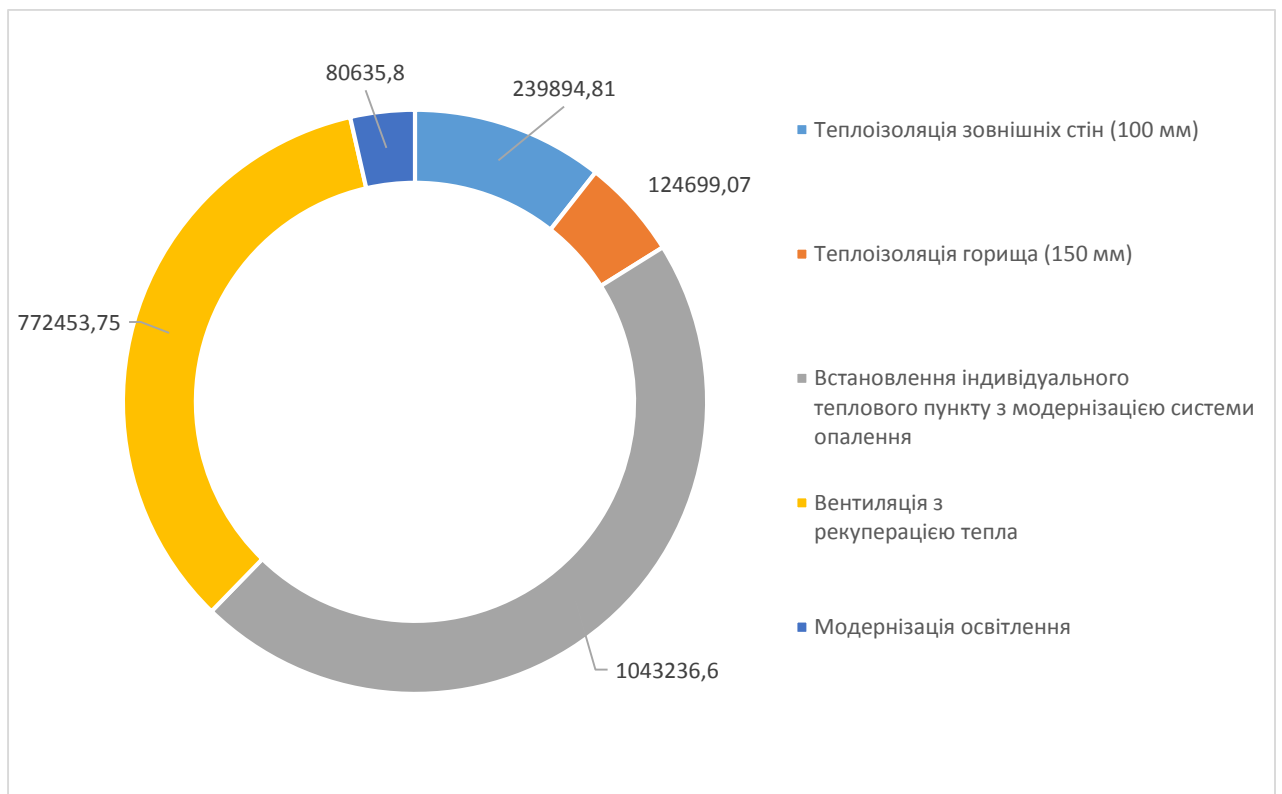


Рисунок 4.2 – Економія пакету А

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

Захід з енергозбереження	Загальні інвестиції, грн	Економія енергії		Економія коштів, грн	Термін окупності, роки
		Теплової, кВт · год	Електричної, кВт · год		
Теплоізоляція зовнішніх стін (150 мм)	2585400	186013,7	-	258156,06	13,9
Теплоізоляція даху (200 мм)	917250	998096	-	136140,92	9,4
Встановлення індивідуального теплового пункту з модернізацією системи опалення	2299630	751701,5	-	1043236,6	3,1
Вентиляція з рекуперацією тепла	449520	556589,6	-	772453,7	0,8
Модернізація освітлення	20500	-	47997,5	80635,80	0,4
Всього (Б)	6272300	1570998	47997,5	2290623,1	3,9

Загальні сума інвестицій пакету Б складає 12059710 грн, а простий термін окупності становить 3,9 роки.

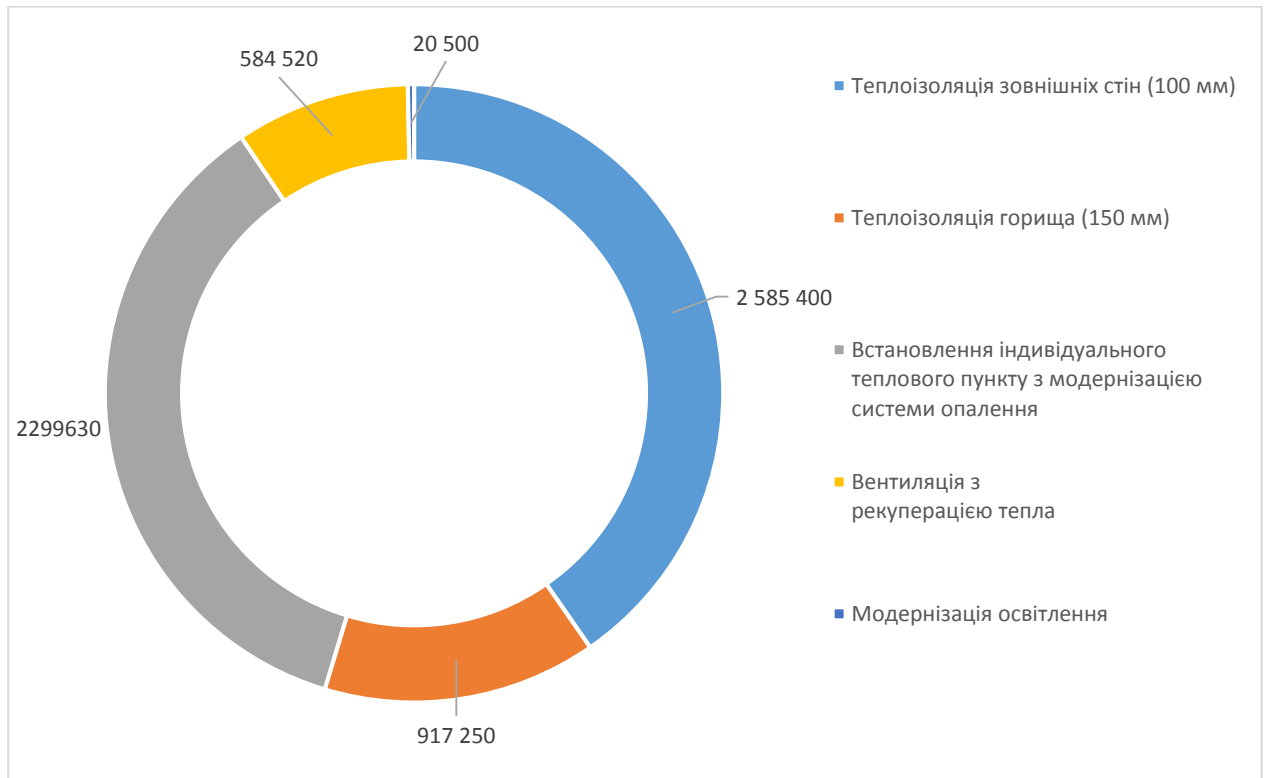


Рисунок 4.3 – Інвестиції пакету Б

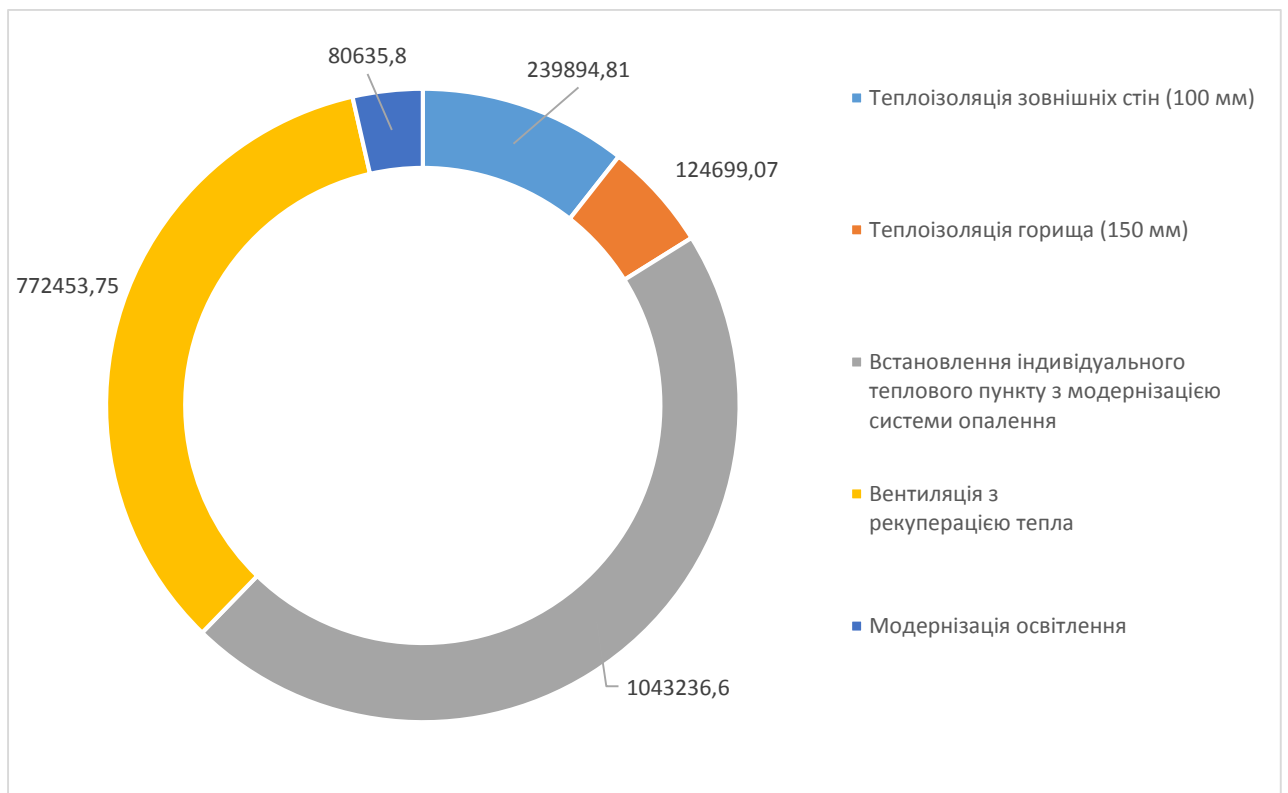


Рисунок 4.4 – Економія пакету Б

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	168,14	40,54	127,6
Пакет Б	168,14	39,47	128,67

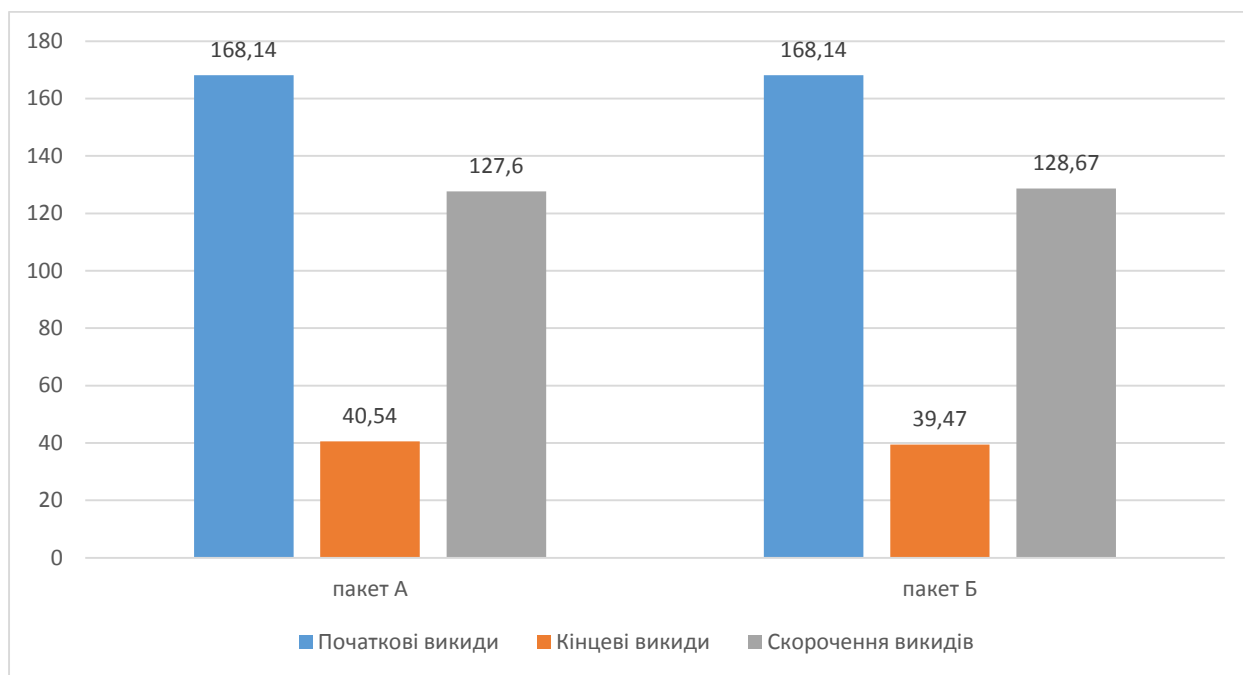


Рисунок 4.5 – Викиди парникових газів

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

4.8 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 одномоментному здійсненні інвестиційних витрат NPV може бути визначений за формулою [20]:

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

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
0	-5549550	2260920,03	1	-5549550	-5549550
1	0	2260920,03	0,909	2055176,31	-3494373,69
2	0	2260920,03	0,826	1867519,94	-1626853,75
3	0	2260920,03	0,751	1697950,94	71097,19
4	0	2260920,03	0,683	1544208,38	1769048,14

З таблиця 4.10 видно, що сума дисконтованих надходжень, розрахованих наростаючим підсумком, який перекиє суму дисконтованих інвестиційних витрат припадає на 3 рік.

$$NPV = 12218183,62 - 5549550 = 6668633,61 \text{ грн}$$

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 А дорівнює:

$$PI_A = \frac{5549550 + 2126273,5}{5549550} = 1,01$$

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
0	-6272300	2290623,1	1	-6272300	-6272300
1	0	2290623,1	0,909	2082176,4	-4190123,6
2	0	2290623,1	0,826	1892054,68	-2298068,92
3	0	2290623,1	0,751	1720257,95	-577810,97
4	0	2290623,1	0,683	1564495,58	1142446,97
5	0	2290623,1	0,621	1422476,94	2706942,55

З таблиця 4.11 видно, що , сума дисконтованих надходжень, розрахованих наростаючим підсумком, який перекриє суму дисконтованих інвестиційних витрат припадає на 4 рік.

$$NPV = 14073588,33 - 6272300 = 7801288,33 \text{ грн}$$

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:

$$PI_B = \frac{6272300 + 1142446,97}{6272300} = 1,18$$

Внутрішня норма рентабельності IRR пакету Б становить 16,67%

Ураховуючи вищезазначені етапи, дисконтований період окупності можна визначити за формулою [20]:

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

Для пакету А дисконтований термін окупності буде становити:

$$PP = 3 + \frac{5549550 - 3922696,25}{1697950,94} = 3,9 \text{ років.}$$

Для пакету А дисконтований термін окупності буде становити:

$$PP = 4 + \frac{6272300 - 5694489,03}{1564495,58} = 4,4 \text{ років.}$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		81

4.9 Висновки до розділу 4

В цьому розділі представлені пакети енергозберігаючих заходів, основна задача яких підвищити клас енергоефективності будівлі до рівня С відповідно до норм [3].

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, встановлення рекуператорів тепла з модернізацією вентиляції, заміна існуючого освітлення світлодіодним освітленням. Загальна сума інвестицій пакету А становить 55495500 грн, річна економія 2260920,03 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 6272300 грн, річна економія 2290623,1 грн.

Для кожного з запропонованих пакетів було проведено оцінку ефективності інвестицій, так дисконтований термін окупності для пакету А склав 3,9 років, а для пакету Б 4,4 роки.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						82

ВИСНОВКИ

В результаті виконання бакалаврської роботи були отримані наступні результати:

1. Під час огляду будівлі, значних пошкоджень огорожувальних конструкцій виявлено не було. 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.

2. Під час тепловізійного обстеження було виявлено проблемні місця, через які можливі тепловтрати з приміщень, а саме через:

- підвищена температура зовнішньої поверхні стіни свідчить про часткову втрату стінами теплозахисних властивостей;
- через відкривання вікон;
- через вентиляційні отвори;
- відбуваються втрати тепла крізь місця стіни де розташовані прилади опалення.

3. Проведені розрахунки річної енергопотреби будівлі на опалення, яке дорівнює $Q_{H,nd} = 569782,26$ кВт · год, а також на охолодження $Q_{C,nd} = 89150,27$ кВт · год. З розрахунків було визначено значення загального показника питомого енергоспоживання при опаленні та охолодженні, що склав $EP = 196,51$ кВт · год/м³. Аналіз одержаних результатів показав, що значення питомого енергоспоживання будівлею при опаленні є більшими ніж мінімальне значення, та згідно з [3] отримане значення відповідає класу «G» енергоефективності будівлі.

4. Розрахунки дали змогу підтвердити, що в ДНЗ №15 наявні тепловтрати, тому для запобігання подальших втрат, потрібно провести

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		83

заходи з підвищення енергетичної ефективності. Аналізуючи розрахунки в розділі можна оцінити теплопровідність по кожній огорожувальній конструкції, що дозволить визначити резерв запропонованих заходів.

5. Представлені пакети енергозберігаючих заходів, основна задача яких підвищити клас енергоефективності будівлі до рівня С відповідно до норм [3]. 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, встановлення рекуператорів тепла з модернізацією вентиляції, заміна існуючого освітлення світлодіодним освітленням. Загальна сума інвестицій пакету А становить 55495500 грн, річна економія 2260920,03 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 6272300 грн, річна економія 2290623,1 грн.

Для кожного з запропонованих пакетів було проведено оцінку ефективності інвестицій, так дисконтований термін окупності для пакету А склав 3,9 років, а для пакету Б 4,4 роки.

6. Розроблений енергетичний сертифікат будівлі, який наведено в додатку А.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					84

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. Наказ від 11.07.2018 р. №172 «Про затвердження Порядку проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифіката», [Електронний інтернет-ресурс], режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0825-18>.
4. ДБН В.2.5-39:2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі»
5. Методичні вказівки до виконання розрахункових та практичних робіт на тему «Розрахунок теплового балансу будівель і споруд під час проведення енергетичного обстеження» з дисципліни «Системи виробництва та розподілу енергії» для студентів напряму підготовки 6.050601 «Теплоенергетика». - Суми: Сумський державний університет, 2014
6. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2017. – 30 с.
7. Тепловізор [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.fluke.kiev.ua>.
8. 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.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					85

9. 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.

10. ДБН В.2.2-9-2009. Громадські будинки та споруди. Основні положення. [Чинний від 2010.10.01] К.: Київ, Мінрегіонбуд України, 2010. 69 с.

11. Матеріали [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://epicentrk.ua/>

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. 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.

14. Наказ від 11.07.2018 р. №169 «Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель», [Електронний інтернет-ресурс], режим доступу: <https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0822-18>.

15. Теплокомфорт [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://teplokomfort.kiev.ua>

16. Теплопункт [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.danfoss.com/uk-ua/>

17. Припливно-витяжні установки [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vents-shop.com.ua>

18. Світлодіодне освітлення [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ledstorm.ua/ua/osveshenie>

19. ДБН В.2.5-28:2018 Природне та штучне освітлення [Чинний від 2019.03.01] К.: Київ, Мінрегіонбуд України, 2018. 137 с.

20. 3517 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до виконання економічної частини дипломних проектів для студентів спеціальності 7.05060105 «Енергетичний менеджмент» усіх форм навчання- Суми: Сумський державний університет, 2013

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					86

ДОДАТОК А

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ СЕРТИФІКАТ БУДІВЛІ

Адреса (місцезнаходження) будівлі: _____ м.Суми, Нахімова, 17 _____

Функціональне призначення та назва: _____ дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) № 15 «Перлінка» _____

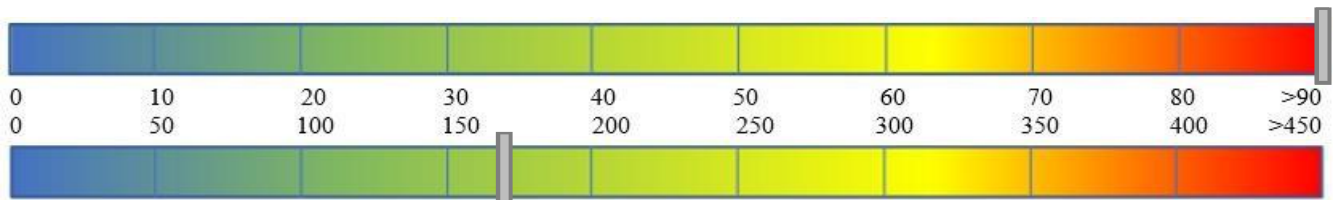
Відомості про конструкцію будівлі

Загальна площа, м²: 1223,3
 Загальний об'єм, м³: 8318,44
 Опалювальна площа, м²: 2446,6
 Опалювальний об'єм, м³: 7339,8
 Кількість поверхів: 2
 Рік введення в експлуатацію: 1983
 Кількість під'їздів або входів: 13



Шкала класів енергетичної ефективності		Клас енергетичної ефективності
Високий рівень енергоефективності		
A	< 17 кВт×год/м ²	G
B	< 30 кВт×год/м ²	
C	< 33 кВт×год/м ²	
D	< 42 кВт×год/м ²	
E	< 50 кВт×год/м ²	
F	≤ 58 кВт×год/м ²	
G	> 58 кВт×год/м ²	
Низький рівень енергоефективності		
Питоме споживання на опалення, гаряче водопостачання, охолодження		196,51 кВт×год/м ²

Питоме споживання первинної енергії, кВт×год/м² за рік: 847,76



Питомі викиди парникових газів, кг/м² за рік 168,14

Серія та номер кваліфікаційного атестата енергоаудитора _____

I. Фактичні або проектні характеристики огорожувальних конструкцій

Вид огорожувальних конструкцій	Значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції, $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$		Площа А, m^2
	існуюче приведене	мінімальні вимоги	
Зовнішні стіни	0,93	3,3	1182,54
Суміщені перекриття	-	6,00	-
Покриття опалювальних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	-	4,95	-
Горищні перекриття неопалювальних горищ	1,57	4,95	1223,3
Перекриття над неопалювальними підвалами	0,31	3,75	1223,3
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,75	469,7
Зовнішні двері	0,54	0,60	19,76

II. Опис технічного стану огорожувальних конструкцій

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

Зовнішні стіни

Зовнішні стіни виконані з силікатної цегли на цементно-піщаному розчині 510 мм, поштукатурені з середини цементним розчином товщиною 30 мм. Та ззовні оздоблена керамічною плиткою. На момент проведення обстеження явних пошкоджень зовнішніх стін виявлено не було.

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 металопластикові. На момент проведення обстеження явних пошкоджень вхідних дверей виявлено не було.

Приведений опір теплопередачі вікон та дверей відповідає нормативним вимогам.

Перекриття неопалювального горища

Суміщене покриття складається з : плита перекриття -220 мм; гравій керамзитовий-400 kg/m^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.

I. 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, гаряче водопостачання	196,51	<33
Питоме енергоспоживання при опаленні	188,41	-
Питоме енергоспоживання при охолодженні	8,10	-
Питоме енергоспоживання при гарячому водопостачанні	283,38	-
Питоме енергоспоживання систем вентиляції	4,87	-
Питоме енергоспоживання при освітленні	20,8	-
Питоме споживання первинної енергії, (кВт·год)/м ² за рік	847,76	-
Питомі викиди парникових газів, кг/м ² за рік	168,14	-

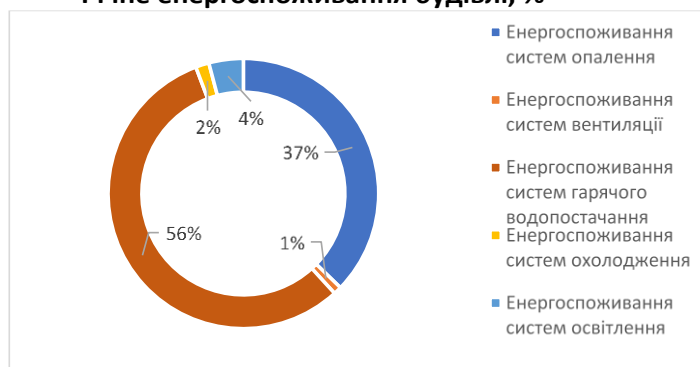
Енергоспоживання будівлі

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	274,46	37,4	1382,92	188,41
Енергоспоживання систем вентиляції	-	-	35,74	4,87
Енергоспоживання систем гарячого водопостачання	12,5	3,1	2079,95	283,38
Енергоспоживання систем охолодження	-	-	59,45	8,10
Енергоспоживання систем освітлення	н/д	н/д	152,66	20,8
УСЬОГО:	333,0	82,5	505,56	3710,7

Причини відхилення розрахункових обсягів споживання від фактичних

Невідповідність фактичної температури всередині приміщення заданій, що для розрахунків була прийнята.
 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 №15 здійснюється централізованою системою теплопостачання, підведення комунікацій здійснюється у тепловому пункті, який знаходиться у підвальному приміщенні будівлі. Теплоносієм системи централізованого теплопостачання - вода.</p> <p>Температурний графік теплової мережі- 95/70 0С. Теплоносієм 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 однотрубна з нижньою розводкою; за напрямом з'єднання опалювальних приладів – вертикальна, з штучною циркуляцією теплоносія. Система розподілу виконана з сталевих водогазопровідних труб.</p> <p>Система тепловіддачі складається з чавунних секційних радіаторів типу МС-140. 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 гарячого водопостачання
<p>Основним джерелом гарячого водопостачання є система централізованого теплопостачання: зовнішні міські теплові мережі м. Суми.</p> <p>Розводка водопровідних мереж гарячого водопостачання до санітарно - технічних приладів переважно сталеві, частково ізольовані у місцях проходження комунікацій у неопалювальних приміщеннях.. Температурний графік 10...360 С.</p> <p>Тип системи- з циркуляційним трубопроводом.</p> <p>Облік за спожиту гарячу воду – наявний.</p>
Система вентиляції
<p>Кондиціонування будівлі- відсутнє. Вентиляція приміщень будівлі відбувається в природній спосіб за рахунок перепаду тиску в середині та зовні будівлі та повітропроникності огорожувальних конструкцій (через нещільності в віконних конструкціях і відкриті елементи віконних, дверних конструкцій).</p> <p>Видалення повітря відбувається через повітроводи розміщені в внутрішніх стінах та через відкривання вікон</p>
Системи освітлення
<p>Для освітлення використовуються :</p> <p>Лампи розжарювання 75 та 60 Вт;</p> <p>Світильник люмінесцентний 18 Вт.</p> <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				
<p>На момент проведення енергетичного аудиту зовнішні стіни будинку ДНЗ №15 знаходяться у задовільному технічному стані. Під час проведення дослідження було виявлено, що коефіцієнт термічного опору конструкції не відповідає мінімально допустимим встановленим нормативам</p> <p>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.</p> <p>Відповідно до заходів передбачених «Пакетом А», товщина теплоізоляційного матеріалу повинна складати 100 мм, а для «Пакету Б» – 150мм.</p>		 <p>1 – мінеральна вата, 2 – скляна сітка, 3 – ґрунтовий шар, 4 – вирівнюючий шар, 5 – декоративний шар, 6 – шар фарби.</p>		
Пакет	Інвестиції, грн.	Економія		Окупні сть
		кВт·год/рік	грн/рік	роки
А	2 168 400,00	172855,6	239894,81	12,5
Б	2 585 400,00	186013,7	258156,06	13,9
Захід №2 Утеплення плоского даху.				
<p>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.</p> <p>Коефіцієнт теплопередачі горища будівлі становить $U_{\text{горище}} = 0,64 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$, а згідно з [6] повинен дорівнювати $U_{\text{горище}}^{\text{макс}} = 0,20 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$.</p> <p>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.</p>				
Пакет	Інвестиції, грн	Економія		Окупні сть
		кВт·год/рік	грн/рік	роки
А	611 500	89851,6	124699,07	6,8
Б	917250	998096	136140,92	2,0

Захід №3 Встановлення рекуператорів тепла

Даний захід передбачає реконструкцію та очищення витяжних вентиляційних каналів, встановлення в будівлі вентиляційного обладнання, яке буде здійснювати рекуперацію тепла. Встановлення витяжних вентиляторів у туалетних кімнатах.

Це сприятиме подачі до будівлі свіжого тепла та призведе до зменшення втрат тепла через систему вентиляції. Виконавши ряд таких заходів ми підвищимо ефективність роботи системи вентиляції з мінімальними втратами теплової енергії.



Інвестиції, грн	Економія		Окупність роки
	кВт· год/рік	грн/рік	
449520	556589,6	772453,75	0,8

Захід №4 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 роки
	кВт· год/рік	грн/рік	
600,0	147 455	197,8	3,0

Захід №5 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.

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.



Інвестиції, тис. грн	Економія		Окупність роки
	кВт· год/рік	тис. грн/рік	
20500	47997,5	80635,80	0,4

ДОДАТОК Б

ОХОРОНА ПРАЦІ

Природне і штучне освітлення в приміщеннях регламентується нормами СНиП 11-4-79 залежно від характеристики зорової роботи, найменшого розміру об'єкта розрізнення, розряду зорової роботи (I-VIII), системи освітлення, характеристики фону, контрасту об'єкта розрізнення з фоном [19].

Об'єкт розрізнення - це розглядуваний предмет, окрема його частина чи дефект, які потрібно розрізнити в процесі роботи.

Оцінка природного освітлення на виробництві внаслідок його змін залежно від часу доби, пори року й атмосферних умов проводиться у відносних показниках — за допомогою коефіцієнта природної освітленості КПО (e_H^{III}) (як зазначалося раніше). Цей коефіцієнт і прийнято як нормовану величину. Нормовані значення КПО,% для будинків, розташованих у 1-У поясах світлового клімату, визначають за формулою:

$$e_H^{\text{I,II,IV,V}} = e_H^{\text{III}} m c \quad (3.28)$$

де (e_H^{III}) - значення КПО для будинків, розташованих у III поясі світлового клімату (табл. 14 СНиП П-4-79); m — коефіцієнт світлового клімату; c - коефіцієнт сонячності клімату (коефіцієнти m і c беруться за табл. 4 і 5 СНиП П-4-79) [19].

На значення КПО впливають розмір і конфігурація приміщення, розміри і розташування світлоприймачів, відбивна здатність внутрішніх поверхонь приміщення та його затінюючих об'єктів. Залежно від призначення приміщення і розташування в ньому світло прорізів КПО нормується від 0,1 до 10%. Норми природного освітлення приміщень встановлені окремо (табл. 1 СНиП П-4-79):

- при верхньому або верхньому і бічному освітленні;

– при бічному освітленні, як при природному, так і при сполученому. При односторонньому бічному освітленні нормується мінімальне значення КПО (e_{min}) на відстані 1 м від стіни, найбільш віддаленої від вікна, а при двосторонньому боковому - в центрі приміщення [19].

У приміщеннях із верхнім чи комбінованим освітленням нормується середнє значення КПО ($e_{пор}$) на робочій поверхні (не ближче 1 м від стін). У побутових приміщеннях значення КПО має бути не меншим, ніж 0,25%.

Значення КПО для сполученого освітлення будинків, розташованих у III поясі світлового клімату країн СНД, становить від 0,2 до 3%.

Рівень природної освітленості в приміщеннях може знижуватися внаслідок забруднення зашкленних поверхонь, що зменшує коефіцієнт пропускання, а забруднення стін і стель зменшує коефіцієнт відбиття. Тому норми передбачають очищення скла світлових отворів не рідше 2 разів на рік у приміщеннях із незначним виділенням пилу, диму і кіптяви та не менш ніж 4 рази на рік при значних забрудненнях. Побілка і фарбування стель і стін має проводитися не менше 1 разу на рік [19].

Як відомо, світлові подразники певних ділянок сонячного спектра викликають різні психологічні реакції. Холодні тони в синьо-фіолетовій частині спектра справляють пригнічу вальну, гальмівну дію на організм; жовто-зелений колір - заспокійливий; оранжево-червона частина спектра збудливо, стимулююче впливає і підсилює відчуття тепла. Ця властивість спектрального складу світла використовується для створення світлового комфорту при естетичному оформленні цехів, фарбуванні устаткування і стін.

На підприємствах, де працівники за характером і умовами роботи чи географічних умов (північні райони) цілком або частково позбавлені природного світла, необхідно передбачати ультрафіолетову профілактику джерелами УФ-випромінювання (еритемні лампи), що компенсують дефіцит природних УФ-випромінювань і бактерицидно та психоемоційний вплив на людину. Профілактика "світлового" голодування проводиться ультрафіолетовими випромінювальними установками тривалої дії, які входять до системи загального штучного освітлення та опромінюють працівників УФ-

потокем невеликої інтенсивності протягом усього часу роботи. Використовуються й ультрафіолетові випромінювальні установки короткочасної дії - фотарії, у яких УФ-випромінювання відбувається протягом кількох хвилин [19].

Інсоляція промислових будинків через світлові отвори з великою площею застакнення значно підвищує природну освітленість приміщень, діє засліплюючи за рахунок прямої або відбитої блискучості від сонячних променів, і для боротьби з надмірною інсоляцією доводиться застосовувати сонцезахисні пристрої стаціонарного чи регульованого типу — козирки, горизонтальні та вертикальні екрани, спеціальне озеленіння, прозорі жалюзі, штори та ін. [19].

Штучне освітлення має створювати достатню освітленість на робочих місцях. Норми передбачають найменшу необхідну освітленість робочих поверхонь виробничих приміщень E_{min} , лк, виходячи з умов зорової роботи. Норми носять загальний, міжгалузевий характер. На їх основі з урахуванням зорової роботи розробляються галузеві норми для різних видів промисловості (електронної, текстильної, машинобудівної та ін.). Норми ділять зорові роботи на розряди та під розряди з урахуванням найменшого розміру об'єкта розрізнення, значень контрасту об'єкта розрізнення з фоном та характеристик фону. Для робіт розрядів I-V норми освітленості встановлюються залежно від системи загального чи комбінованого освітлення. Для інших розрядів (Vb-VIIIb - робота, яка не потребує надзвичайної точності) нормується освітленість тільки системи загального освітлення. Місцеве освітлення при таких роботах є недоцільним або неможливим (робота зі світними матеріалами, виробами в гарячих цехах, періодичне чи постійне спостереження за ходом виробничого процесу, робота на складах). Норми й якісні характеристики штучного освітлення стосуються установок із газорозрядними джерелами світла. У випадках застосування ламп розжарювання встановлюються знижені значення освітленості. Слід зазначити, що в ряді випадків СНиП передбачає як підвищення, так і зниження норм освітленості залежно від характеру роботи. Освітленість підвищується не більш ніж на один ступінь при безупинній

зоровій роботі, підвищеній небезпеці травматизму, високих вимогах до продукції, що виготовляється, за відсутності або недостатності природного освітлення. Знижується освітленість при короткочасному перебуванні людей у приміщеннях і наявності устаткування, яке не потребує постійного нагляду.

Поряд із нормуванням якісного показника E_{min} нормуються й якісні показники штучного освітлення:

- показник засліпленості P (від 20 до 60%);
- коефіцієнт пульсації освітленості K_{η} (від 10 до 20%);
- показник дискомфорту M (від 25 до 90%).

Основи розрахунку робочого освітлення

Основним завданням світлотехнічних розрахунків є:

- при природному освітленні — визначення необхідної площі світлових прорізів;
- при штучному - необхідної кількості світильників електричної освітлювальної установки.

При природному бічному освітленні розраховується необхідна площа світлових прорізів, m^2 ; при верхньому освітленні — площа світлових ліхтарів.

Для вибраних світло прорізів дійсні значення КПО в різних точках усередині приміщення розраховують із використанням графічного методу за СНиП II-4-79 за методом А.М. Данилюка.

Розрахунок штучного освітлення в приміщеннях можна проводити такими чотирма методами: крапковим, методом питомої потужності (за таблицями питомої потужності), графічним і методом коефіцієнта використання світлового потоку. Графічний метод проф. А.А. Труханового дає найбільшу точність при розрахунку освітлювальних установок зі спрямованим світлом. Розрахунок ведеться за номограмами.

Метод коефіцієнта використання світлового потоку призначений для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь. Розрахункове рівняння цього методу таке:

$$\Phi_{л} = \frac{E_{min} S_{п} Z K_3}{N n \eta},$$

де E_{min} - нормована мінімальна освітленість, лк, береться за табл. 14 СНиП II-4-79; $S_{п}$ - освітлювана площа, m^2 ; Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення, $Z = 1,1 \dots 1,5$; K_3 - коефіцієнт запасу, що враховує запиленість світильників і старіння джерел світла в процесі експлуатації; N - кількість світильників за умови досягнення рівномірного освітлення; n - кількість ламп у світильнику; η - коефіцієнт використання випромінюваними світильниками світлового потоку на розрахунковій площі; визначають за довідковими даними залежно від типу світильника, коефіцієнтів відбиття підлоги, стін, стелі, індексів приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h(A+B)},$$

де A і B - довжина і ширина приміщення в плані, м; h - висота підвісу світильників над робочою поверхнею, м.

За отриманим у результаті розрахунку необхідним світловим потоком вибирається найближча стандартна лампа ($\Phi_{л}$).

При вибраному типі потужності люмінесцентних ламп визначається необхідна кількість світильників у ряді за формулою:

$$N = \frac{E_{min} S_{п} Z K_3}{n \Phi_{л} \eta}$$

ДОДАТОК Г

Схема теплового пункту ДНЗ № 15

