

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота/проект

другий магістерський рівень

(рівень вищої освіти)

на тему: Використання підходів покращення енергоефективності на прикладі
дошкільного навчального закладу м. Запоріжжя

Виконав: студент 2 курсу, групи: 8.1924– пцб

спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)

освітньої програми промислове і цивільне будівництво

Кікоть Олександр Петрович

(прізвище та ініціали)

Науковий керівник доц., к.т.н., Мішук К.М.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент проф., д.т.н. Арутюнян І.А.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя – 2025 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти другий магістрський рівень
(другий (магістерський) рівень)
Спеціальність 192 "Будівництво та цивільна інженерія"
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма "Промислове і цивільне будівництво"
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПЦБ
проф. Арутюнян І.А.
« 04 » 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

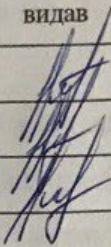
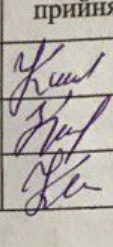
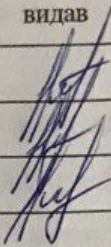
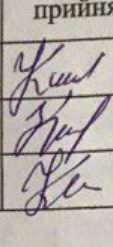
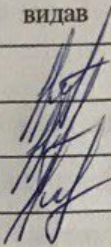
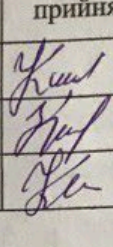
Кікоть Олександр Петрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту): Використання підходів покращення енергоефективності на прикладі дошкільного навчального закладу м. Запоріжжя
2. Науковий керівник Мішук К.М., доц., к.т.н.
(прізвище, ім'я по батькові, науковий ступень, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від " 27 " 02 2025 року № 317 – с

3. Строк подання студентом роботи 01 грудня 2025 р.
4. Вихідні дані до роботи Конструктивні особливості енергетичної та економічної ефективності індивідуальних житлових будівель
5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. визначення способів енергозбереження в громадських будинках; 2. аналіз сучасного стану громадської архітектури у м. Запоріжжя; 3. аналіз світового та українського досвіду в енергозберігаючій архітектурі з упором на території, аналогічні за кліматом із південною Україною; 4. аналіз освоєння енергозберігаючої архітектури в Україні; 5 створення аудиту «енергозберігаючого» будинку дошкільного закладу м. Запоріжжя.
6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
8 листів формату А1

7. Консультанти розділів роботи

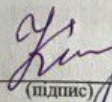
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Мішук К.М., доц., к.т.н.		
Розділ 2	Мішук К.М., доц., к.т.н.		
Розділ 3	Мішук К.М., доц., к.т.н.		

8. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	визначення способів енергозбереження в громадських будинках; аналіз сучасного стану громадської архітектури в Україні;		
2.	аналіз світового та українського досвіду в енергозберігаючій архітектурі з упором на території, аналогічні за кліматом із південною Україною; аналіз освоєння енергозберігаючої архітектури в Україні;		
3.	створення аудиту «енергозберігаючого» будинку дошкільного закладу м. Запоріжжя.		

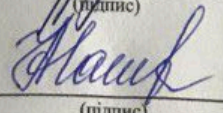
Студент


(підпис)Кікоть О. П.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи/проекту


(підпис)Мішук К.М.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено


(підпис)Данкевич Н.О.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кікоть Олександр Петрович. Використання підходів покращення енергоефективності на прикладі дошкільного навчального закладу м. Запоріжжя.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник К.М. Мішук. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету, кафедра промислового та цивільного будівництва, 2025.

Актуальність проекту полягає в вивченні проблем енергозбереження та енергоефективності, неефективного використання енергоресурсів та актуальності вирішення проблем енергозбереження в Україні на прикладі дошкільного навчального закладу.

Метою даного проекту є енергетичне обстеження та обґрунтування заходів з енергоефективності у будівлі дитячого садка № 126 «Суниця » вул. Патріотична, буд. 40а, оцінка потенціалу енергозбереження і способів його реалізації.

Ключові слова: енергія, енергорезультативність, енерго- ефективність, енергозбереження, витрати, втрати, економія, споживання, аудит.

Список публікацій магістранта:

О.П. Кікоть, К.М. Мішук. Використання підходів покращення енергоефективності на прикладі дошкільного навчального закладу м. Запоріжжя. Інженерні інновації та розбудова національної економіки, 2025. С. 622-623.

ABSTRACT

Kikot Oleksandr Petrovych. Application of Energy Efficiency Improvement Methods: A Case Study of Preschool Educational Institutions in Zaporizhzhia.

Qualification final work for obtaining a higher education degree of master in specialty 192 Construction and civil engineering, scientific supervisor K.M. Mishuk. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebnia Zaporizhia National University, Department of Industrial and Civil Engineering, 2025.

The relevance of the project is to study the problems of energy saving and energy efficiency, inefficient use of energy resources and the relevance of solving energy saving problems in Ukraine using the example of a preschool educational institution.

The purpose of this project is an energy inspection and justification of energy efficiency measures in the building of kindergarten No. 126 "Zemlyanychka" Patriotichna Street, building 40a, assessment of the potential for energy saving and methods of its implementation.

Keywords: energy, energy efficiency, energy saving, costs, losses, savings, consumption, audit.

List of postgraduate publications

О.П. Кікоть, К.М. Мішук. Використання підходів покращення енергоефективності на прикладі дошкільного навчального закладу м. Запоріжжя. Інженерні інновації та розбудова національної економіки, 2025. С. 622-623.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ	9
1.1 Поняття енергозбереження	9
2. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ.....	13
2.1 Енергетична ефективність будівлі будівель	16
3. ЗВІТ З ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ.....	
3.1 Аудит дошкільного навчального заклад (ясла - садок) № 126 « Суниця » вул. Патріотична, буд. 40а.....	
3.2 Організація проекту дошкільного навчального закладу	28
3.3 Загальні дані про будівлю.....	29
3.4 Конструктивні особливості будівлі	31
3.5 Характеристика інженерних систем	37
3.6 Базове енергоспоживання	45
3.7 Енергоефективні заходи.....	47
3.8 Опис енергоефективних заходів	48
3.9 Балансування системи опалення.....	52
3.10 Енергетичний баланс	73
3. 11 Впровадження та організація	74
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79

ВСТУП

Актуальність. Енергетичний аудит – це обстеження будівлі атестованим енергоаудитором, під час якого здійснюється аналіз інформації щодо фактичних або проєктних характеристик огорожувальних конструкцій та інженерних систем, оцінюється відповідність розрахункового рівня енергетичної ефективності встановленим мінімальним вимогам до енергетичної ефективності будівель та надаються рекомендації щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівель, що враховують місцеві кліматичні умови, є технічно та економічно обґрунтованими.

Мета роботи полягає в аналізі існуючих та пошуку нових, інноваційних методик, способів, обладнання та технічних та технологічних рішень, що підвищують ефективність використання енергетичних ресурсів відновлюваних джерел енергії, що застосовуються для навчального дошкільного закладу м. Запоріжжя.

Задачі:

- визначення способів енергозбереження в громадських будинках;
- аналіз сучасного стану громадської архітектури у м. Запоріжжя;
- аналіз світового та українського досвіду в енергозберігаючій архітектурі з упором на території, аналогічні за кліматом із південною Україною;
- аналіз освоєння енергозберігаючої архітектури в Україні;
- створення аудиту «енергозберігаючого» будинку дошкільного закладу м. Запоріжжя.

Об'єкт дослідження. Процеси енергоспоживання в дитячих навчальних закладах, споживачі паливно-енергетичних ресурсів.

Предмет дослідження. Методи, засоби розробки базового рівня енергоспоживання для дошкільного навчального закладу, програмне

забезпечення для математичного моделювання.

Наукова новизна роботи полягає в узагальненні та розвитку науковотехнічних та науково-методичних засад створення та застосування комплексного підходу, що враховує у вирішенні завдань енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності громадських будівель.

Методи дослідження. У процесі виконання досліджень застосовувалися методи теорії наукового пізнання, науково-технічне узагальнення літературних джерел та інтернет ресурсів, а також методи: теорії електричних ланцюгів; теорії моделювання; теорії електричних машин та електромеханічних систем; теорії оптимізації; економіко-математичні методи; методи математичного та комп'ютерного моделювання.

Апробація результатів кваліфікаційної роботи: О.П. Кікоть, К.М. Мішук. Використання підходів покращення енергоефективності на прикладі дошкільного навчального закладу м. Запоріжжя. Інженерні інновації та розбудова національної економіки, 2025. С. 622-623.

Структура і об'єм магістерської роботи. Магістерська робота складається з вступу, трьох розділів, висновку, списку використаних джерел. Повний об'єм магістерської роботи складає 83 сторінок тексту, у тому числі 25 рисунків, 53 таблиць. Список використаних джерел містить 27 найменувань

1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

1.1 Поняття енергозбереження

Енергозбереження є однією з ключових складових сучасної будівельної науки та практики, оскільки визначає рівень раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів у процесі створення, експлуатації та реконструкції будівель і споруд. У загальному вигляді під енергозбереженням розуміють комплекс організаційних, технічних, технологічних, архітектурно-планувальних та управлінських заходів, спрямованих на зменшення споживання енергії при забезпеченні нормативного рівня комфорту, довговічності та безпеки будівель.

Відповідно до міжнародних підходів (ISO 50001, EN 15603) енергозбереження базується на принципах оптимізації енерговитрат, зниження енергетичних втрат, підвищення енергоефективності огорожувальних конструкцій, інженерних систем та технологічних процесів. У будівництві енергозбереження охоплює не лише процес експлуатації, а й усі етапи життєвого циклу споруди – від проектування до утилізації, що узгоджується з концепцією сталого розвитку та європейськими вимогами до Nearly Zero-Energy Buildings (NZEB).

Основними складовими поняття «енергозбереження» є:

- Зменшення тепловтрат через зовнішні огорожувальні конструкції шляхом покращення теплоізоляційних властивостей стін, покрівлі, перекриттів та вікон.
- Оптимізація інженерних систем (опалення, вентиляції, кондиціонування, гарячого водопостачання) за рахунок їх автоматизації, балансування, використання рекуперації та сучасних високоефективних приладів.
- Раціональне використання первинних енергоресурсів, включаючи застосування відновлюваних джерел енергії (сонячної,

геотермальної, вітрової), що дозволяє знизити залежність від традиційних видів палива.

- Підвищення енергоефективності процесів будівництва, зокрема використання енергоощадних технологій при виготовленні будівельних матеріалів, транспортуванні, монтажі та введенні будівлі в експлуатацію.
- Управління енергоспоживанням, яке включає моніторинг показників, аналіз енергетичних характеристик будівель та впровадження систем енергетичного менеджменту.

Енергозбереження слід розглядати не як окремий захід, а як цілісну систему, що інтегрує:

- проєктні рішення;
- матеріально-технічну базу;
- експлуатаційні стратегії;
- нормативні вимоги.

Закон України «Про енергозбереження» трактує енергозбереження як діяльність, спрямовану на раціональне використання та економне витрачання паливно-енергетичних ресурсів у національній економіці без шкоди для навколишнього середовища та якості життя населення. Такий підхід підкреслює пріоритетність енергозбереження як економічного, технологічного і соціального чинника.

Важливим елементом сучасного розуміння енергозбереження є підвищення енергоефективності, тобто отримання необхідного корисного ефекту з меншими витратами енергії. Енергоефективність виступає кількісним показником результативності заходів з енергозбереження та виражається через енергетичні індекси, коефіцієнти, питомі витрати теплової та електричної енергії.

Таким чином, поняття енергозбереження відображає комплексний, системно орієнтований підхід до зниження енерговитрат у будівництві, який ґрунтується на техніко-економічних, екологічних та нормативних принципах.

1.2 Основні принципи та завдання енергозбереження в будівництві

Енергозбереження в будівельній галузі ґрунтується на сукупності технічних, технологічних, організаційних та управлінських принципів, що забезпечують зменшення витрат енергії протягом усього життєвого циклу будівлі. Реалізація цих принципів спрямована на раціональне використання енергоресурсів, мінімізацію тепловтрат та підвищення енергоефективності будівельних систем.

1.2.1 Основні принципи енергозбереження

- Системність та комплексність заходів

Енергозбереження повинно охоплювати всі етапи життєвого циклу споруди – від проектування та вибору матеріалів до експлуатації та модернізації. Комплексний підхід дозволяє максимізувати ефект і уникнути неузгодженості між інженерними системами та конструктивними рішеннями.

- Пріоритет пасивних заходів

У сучасній практиці будівництва першочерговою є оптимізація теплотехнічних властивостей огорожувальних конструкцій (утеплення стін, покрівель, підлог, застосування енергоефективних віконних систем). Пасивні заходи забезпечують найбільшу довготривалу економію енергії.

- Енергоефективність інженерних систем

Оптимізація систем опалення, вентиляції, кондиціювання, освітлення та гарячого водопостачання за рахунок використання високоефективного обладнання, автоматизації, регулювання та рекуперації тепла.

- Використання відновлюваних джерел енергії

Сонячні колектори, фотопанелі, теплові насоси, геотермальні системи дозволяють зменшити залежність від традиційних видів палива та підвищити енергетичну автономність будівлі.

- Екологічність та мінімізація впливу на довкілля

Енергозбереження є складовою сталого розвитку й передбачає зниження викидів CO₂, зменшення навантаження на природні ресурси та підвищення екологічної якості будівельних матеріалів.

- Оптимізація експлуатаційної поведінки

Системи моніторингу, енергетичний аудит, автоматизований контроль параметрів мікроклімату забезпечують мінімальні втрати енергії під час використання будівлі.

1.2.2 Завдання енергозбереження у будівництві

- Зниження тепловтрат будівель

Досягнення нормативного рівня теплового захисту та запобігання некерованим втратам тепла через огорожувальні конструкції.

- Підвищення ефективності інженерних систем

Оптимальне проектування, регулювання та модернізація систем опалення, вентиляції, кондиціонування та освітлення.

- Формування енергетично оптимальної архітектурно-планувальної структури

Урахування орієнтації будівлі, інсоляції, вітрового навантаження, компактності об'єму, теплової інерції матеріалів.

- Впровадження інтелектуальних систем керування

Системи «розумного будинку», датчики присутності, автоматика температурних режимів, адаптивне освітлення.

- Використання енергоощадних технологій та матеріалів

Високоєфективні теплоізоляційні матеріали, енергозберігаючі склопакети, фасадні системи, енергоощадне обладнання.

- Підвищення енергетичної автономності об'єктів

Інтеграція відновлюваних джерел енергії та створення комбінованих систем теплопостачання.

- Зменшення експлуатаційних витрат та підвищення економічної

ефективності

Енергозбереження знижує витрати на опалення й електроенергію, підвищує ринкову вартість і клас енергоефективності будівлі.

– Забезпечення відповідності нормативним вимогам

Міжнародні та національні стандарти (ISO 50001, ДБН В.2.6-31, ДСТУ Б EN ISO 13790) встановлюють межі споживання енергії та вимоги до енергетичних характеристик.

1.2.3 Роль енергозбереження в сучасному будівництві

Енергозбереження стало стратегічним напрямом розвитку будівельної галузі України в умовах інтеграції до європейського простору.



Рисунок 1.1 – Роль енергозбереження в сучасному будівництві

Підвищення енергоефективності будівель сприяє:

- зменшенню навантаження на енергетичні мережі;
- підвищенню енергетичної безпеки держави;
- покращенню мікроклімату та комфортності житла;
- зниженню експлуатаційних витрат для населення та бюджетних установ;
- виконанню міжнародних зобов'язань у сфері декарбонізації.

Таблиця 1.1 – Ключові напрями енергозбереження у будівництві

Напрямок	Зміст	Приклади рішень
Пасивне енергозбереження	Зменшення потреби в енергії за рахунок архітектурних та конструктивних рішень	Теплоізоляція, рекуперація повітря, енергоефективні вікна
Активне енергозбереження	Використання обладнання та систем, що оптимізують споживання	Автоматизоване управління HVAC, інтелектуальні лічильники
Відновлювана енергія	Використання природних джерел енергії	Сонячні панелі, геотермальні насоси
Організаційне енергозбереження	Раціональне планування процесів будівництва й експлуатації	ВІМ-моделювання, планування енерговитрат техніки
Технологічне енергозбереження	Впровадження енергоощадних матеріалів і технологій	Монолітні та каркасні системи з низькою енергомісткістю

Таблиця 1.2 – Вплив енергозберігаючих рішень на експлуатаційні показники

Рішення	Ефект	Орієнтовне зниження енергоспоживання
Теплоізоляція фасаду	Скорочення тепловтрат	20–40%
Рекуперація повітря	Повернення теплоти вентиляції	15–30%
Енергоефективні вікна	Зменшення інфільтрації	10–20%
Автоматизація систем опалення	Оптимізація споживання	10–25%
Тепловий насос	Використання низькопотенційного тепла	30–60%

2 ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ

2.1 Загальні засади формування енергоефективності будівель

Енергоефективність будівель є одним із ключових компонентів сталого розвитку, безпеки та економічної стабільності України. Сектор будівництва й житлово-комунального господарства споживає значну частину енергоресурсів, що формує високий тиск на енергетичну систему держави і створює залежність від зовнішніх постачальників. У сучасних умовах, особливо в період воєнного стану та після масштабних руйнувань інфраструктури, питання енергоефективності стало не лише економічним, а й стратегічним завданням.

Поняття енергоефективності включає оптимізацію енергетичних витрат за рахунок зменшення тепловтрат, впровадження сучасних інженерних систем, використання екологічних матеріалів, застосування відновлюваних джерел енергії, а також удосконалення нормативної бази. Для будівельного сектора України характерним є поєднання застарілого житлового фонду радянської забудови, обмежених інвестицій у модернізацію та зростаючого попиту на сучасні енергоощадні технології.

Розвиток енергоефективності відбувається під впливом міжнародних зобов'язань України, зокрема імплементації Директив ЄС щодо енергоефективності будівель (EPBD), в рамках інтеграції до європейського енергетичного ринку. Це сприяє гармонізації стандартів, розвитку систем енергетичної сертифікації та запровадженню нових вимог до проєктування та експлуатації будівель.

2.2 Характеристика сучасного стану енергоефективності будівельного фонду в Україні

2.2.1 Житловий фонд та його енергоефективність

Український житловий фонд значною мірою представлений будівлями, які зводилися у період з 1950–1990-х років. Цей фонд включає:

- багатопверхові панельні будинки старих серій (так звані «хрущовки», «брежнєвки»);
- монолітно-каркасні будинки 1980–2000-х років;
- приватну забудову різних типів;
- малоповерхові будівлі змішаних матеріалів.

Основною проблемою є високий рівень тепловтрат через:

- недостатню товщину теплоізоляції;
- зношеність огорожувальних конструкцій;
- неефективні віконні блоки;
- застарілі системи опалення;
- відсутність індивідуальних теплових пунктів;
- вертикальні системи розподілу тепла (нерегульовані).

За різними оцінками, житлові будівлі в Україні в середньому споживають енергії в 2–3 рази більше, ніж аналогічні будівлі в країнах ЄС. Це вказує на значний потенціал підвищення енергоефективності.

2.2.2 Комерційні та громадські будівлі

Нова комерційна забудова за останні два десятиліття має вищий рівень енергоефективності, однак основна частина громадських будівель (школи, дитячі садки, лікарні) також зведена у радянський період. Типові проблеми:

- низькі теплотехнічні показники зовнішніх стін;
- відсутність вентиляції з рекуперацією;
- неефективне освітлення;

- відсутність систем моніторингу енергоспоживання.

Водночас модернізація громадських будівель має високий соціальний ефект і є пріоритетом державних і міжнародних програм.

2.3 Нормативно-правова база енергоефективності в Україні

2.3.1 Основні стандарти й документи

Розвиток енергоефективності регулюється рядом нормативних актів, серед яких ключове місце займають:

- Закони України про енергозбереження та енергоефективність;
- ДБН щодо теплотехнічних характеристик будівель;
- стандарти сертифікації будівель за класами енергоефективності;
- вимоги до інженерних систем та їх регулювання;
- положення щодо обов'язкових енергоаудитів.

Україна поступово впроваджує норми Директиви ЄС 2010/31/ЄС “Про енергетичні характеристики будівель”. Серед ключових положень:

- обов'язкова сертифікація для будівель при продажу/оренді;
- мінімальні вимоги до енергоефективності;
- вимога до будівництва будівель з майже нульовим споживанням енергії (nZEB);
- обов'язкове встановлення систем автоматизації та управління.

2.3.2 Енергетична сертифікація будівель

Система енергетичної сертифікації дозволяє визначити:

- клас енергоефективності будівлі;
- фактичне споживання енергії;
- енергетичний баланс;
- рекомендації з підвищення енергоефективності.

Сертифікат стає обов'язковим документом для транзакцій з нерухомістю, що стимулює власників інвестувати в модернізацію.

2.4 Основні технології підвищення енергоефективності в будівлях

2.4.1 Теплоізоляційні системи

Підвищення теплозахисту будівель здійснюється шляхом:

- утеплення фасадів системами ETICS (мінеральна вата, пінополістирол);
- утеплення покрівлі та горищного простору;
- утеплення цоколю та підвалів;
- установка енергоефективних вікон (пакети з низькоемісійним покриттям).

Правильно спроектована теплоізоляція дає змогу зменшити тепловтрати на 40–60%.

2.4.2 Системи вентиляції з рекуперацією тепла

У нових і модернізованих будівлях встановлюють централізовані або децентралізовані рекуператори, що дозволяє:

- забезпечувати якісне повітря;
- зменшувати втрати тепла;
- створювати комфортний мікроклімат.

2.4.3 Модернізація систем опалення та гарячого водопостачання

Сучасні рішення включають:

- індивідуальні теплові пункти з погодним регулюванням;
- системи горизонтального розподілу тепла;
- встановлення терморегуляторів;
- теплові насоси;
- конденсаційні котли.

Ефект від модернізації – зниження споживання теплової енергії на 15 – 35%.

2.4.4 Відновлювані джерела енергії

Використання сонячних, біомасових та геотермальних систем дозволяє:

- зменшити залежність від централізованих мереж;
- інтегрувати будівлі в концепцію «енергонезалежних громад».

2.5 Економічні аспекти та окупність енергоефективних заходів

2.5.1 Прямі економічні вигоди

Енергоефективні заходи забезпечують:

- скорочення витрат на оплату енергоресурсів;
- підвищення вартості нерухомості;
- зменшення витрат на ремонт будівель;
- збільшення терміну експлуатації огорожувальних конструкцій.

2.5.2 Соціально-економічний ефект

Окрім економічної вигоди, підвищення енергоефективності сприяє:

- створенню робочих місць у сфері будівництва;
- підвищенню комфорту в будівлях;
- зменшенню енергетичної бідності;
- зміцненню енергетичної безпеки країни.

2.5.3 Окупність та фінансування

Окупність енергоефективних заходів залежить від:

- виду інвестованих технологій;
- вартості енергоресурсів;
- наявності державних програм підтримки.

Серед джерел фінансування:

- державні програми («теплі кредити», енергодім);
- грантові міжнародні програми;
- кредити на енергоефективність;
- приватні інвестиції.

2.6 Вплив воєнних дій на енергоефективність будівельного фонду

2.6.1 Масштаби руйнувань

Унаслідок військових дій значна кількість будівель була пошкоджена або зруйнована. Це означає:

- необхідність відбудови житлових районів;
- можливість застосування сучасних енергоефективних технологій під час реконструкції;
- формування нових підходів до містобудування.

2.6.2 Відбудова на принципах енергоефективності

Відбудова будівель за принципом «Build Back Better» включає:

- застосування nZEB-рішень;
- обов'язкову теплоізоляцію відповідно до сучасних норм;
- встановлення відновлюваних джерел енергії;
- впровадження енергоменеджменту.

2.7 Основні виклики та бар'єри підвищення енергоефективності в Україні

Серед ключових проблем:

- недостатня обізнаність населення;
- низька платоспроможність домогосподарств;

- відсутність масових державних програм;
- нерозвиненість ринку ESCO;
- застарілі мережі теплопостачання;
- складність у впровадженні nZEB для старих будівель.

2.8. Перспективи формування енергоефективного будівельного сектора

Перспективи включають:

- повну інтеграцію з європейськими вимогами;
- цифровізацію процесів енергомоніторингу;
- розвиток індустріального виробництва енергоефективних матеріалів;
- стимулювання приватних інвестицій;
- формування «розумних» енергоефективних міст.

Слід зазначити, що відтепер при проектуванні будівель в Україні головною вимогою стає досягнення нормованого рівня енергоефективності, яке забезпечується, зокрема, контрольованим рівнем тепловтрат трансмісією через зовнішню оболонку. Але вимога до показників опорів теплопередачі окремих конструктивних елементів виступає не головною.

Загальний показник енергоефективності будівлі має визначатися умовою: $EP \leq EP_{max}$, де EP - розрахункова чи фактична де EP - розрахункова чи фактична питома літня енергопотреб будівлі;

EP_{max} - максимально допустиме значення питомої літньої енергопотреби будівлі, кВт-год/м² або кВт-год/м³, що встановлюють за таблицею 1 залежно від призначення будівлі, її поверховості та температурної зони експлуатації.

Розрахункове значення EP визначають за такою формулою 2.1,2.2:

— для житлових будинків

$$EP = (0_{H, nd} + 0_{C, nd} + Q_{DHW, nd}) / A_f \quad (2.1)$$

— для громадських (нежитлових) будівель

$$EP = 0_{H,nd} + 0_{C,nd} + Q_{DHW,nd} / V \quad (2.2)$$

де $0_{H,nd}$, $0_{C,nd}$, $Q_{DHW,nd}$ - літня енергопотреб будівель для опалення, охолодження та гарячого водопостачання, відповідно, кВт год;

A_f - кондиціонована (опалювана) площа для житлової, m^2 , та V - кондиціонований обсяг для громадського будинку (або його частини), m^3 .

Фактичне значення EP визначають за проведення енергетичного аудиту будівель».

Для будівель, що підлягають термомодернізації, допускається приймати збільшені значення максимальної річної питомої енергопотреби з коефіцієнтом 1,25 до $EP_{\max}$.

В Україні прийнято визначати сім класів енергоефективності, наведені у таблиці 2.2.

При новому будівництві та термомодернізації існуючої забудови клас енергоефективності має бути не нижчим від «С». Інженерні системи повинні мати клас енергоефективності не нижче «С».

Таблиця 2.1 – Нормативна максимальна питома енергопотреб для житлових і громадських будівель ($EP_{\max}$)

№	Призначення будівлі	Значення $EP_{\max}$ кВт.год/ m^2 [кВт-год/ m^3], для температурної зони України	
		I	II
1	Житлові будинки поверховістю		
	Від 1 до 3	120	110
	Від 4 до 9	83	81
	Від 10 до 16	77	75
	17 і більше	70	68
2	Громадські будівлі та споруди поверховістю:		
	Від 1 до 3	$[20 \wedge b_{ci} + 33]$	$[19,4 \wedge b_{ci} + 33]$
	Від 4 до 9	[38]	[40]
	Від 10 до 24	[37]	[39]
	25 і більше	[34]	[36]
3	Підприємства торгівлі	$[28 \wedge b_{ci} + 17]$	$[32 \wedge b_{ci} + 18]$
4	Готелі		

	Від 1 до 3	110	100
	Від 4 до 9	75	70*
	10 і більше	65	60
5	Будівлі та спорудження навчальних закладів	[28]	[30]
6	Будинки та споруди дитячих дошкільних закладів	[48]	[50]
7	Установи охорони здоров'я	[48]	[50]
Примітка Λ_{bsi} - коефіцієнт компактності будівлі, м-1 визначається за формулою $\Lambda_{bsi} = AE/V$, де AE - загальна площа внутрішніх поверхонь зовнішніх конструкцій, що огорожують, включаючи покриття верхнього поверху і перекриття (підлоги) нижнього опалювального приміщення, м ² .			

При виконанні умови енергоефективності (клас не нижче С) допускається застосовувати окремі конструктивні елементи теплоізоляційної оболонки зі зниженими значеннями опору теплопередачі до рівня 75% від R_{qmin} для непрозорих частин зовнішніх стін і до рівня 80% від R_{qmin} для інших огорожувальних конструкцій при обов'язковому виконанні санітарно-технічні умови.

Таким чином станом на 1 квітня 2020 року в Україні діють досить жорсткі вимоги до енергетичної ефективності будівель.

Нові будівлі необхідно обов'язково проектувати з низьким споживанням енергії - класу С або В і втілювати прогресивні заходи щодо конструювання зовнішніх конструкцій будівель та інженерного обладнання для проектування пасивних будівель класу А.

Зводити нові будинки з великим споживанням енергії – класів D, E, F та G – в Україні не допускається.

Таблиця 2.2 – Класифікація будівель з енергетичної ефективності

Класи енергетичної ефективності дома ¹ по питомому енергопотребам	Різниця розрахункового чи фактичного значення питомої енергопотреби, EP та максимально допустимого значення, EP _{max} % $[(EP-EP_{max})/EP_{max}] \times 100\%$
A	Мінус 50 і менше
У	Від мінус 49 до мінус 10
З	Від мінус 9 до 0
0	Від 1 до 25
Е	Від 26 до 50
Р	Від 51 до 75
З	76 і більше

Енергоефективність будівель в Україні є одним із ключових чинників сталого розвитку, національної безпеки та соціальної стабільності. Підвищення енергоефективності дозволяє зменшити енергозалежність, оптимізувати витрати, підвищити комфорт і сприяти модернізації інфраструктури. В умовах повоєнної відбудови Україна отримує унікальний шанс створити сучасний енергоефективний будівельний фонд, адаптований до європейських стандартів та глобальних викликів.

3 ЗВІТ З ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

3.1 Аудит дошкільного навчального заклад (ясла - садок) № 126 «Суниця» вул. Патріотична, буд. 40а

Передмова

Виконання енергетичних аудитів групи пілотних бюджетних та житлових будівель міста є частиною процесу розробки Муніципального енергетичного плану Запоріжжя на 2022 – 2024 роки.

Виконання енергетичного аудиту пілотних будівель міста має три основні мети:

- Підготовка вихідних даних для техніко-економічних розрахунків ефективності інвестиційних проєктів та інвестиційних програм термомодернізації бюджетних та житлових будівель міста.
- Обґрунтування зниження потреби у тепловій енергії у 3 рази від існуючих рівнів, як досягнення одного з головних чинників Муніципального енергетичного плану Запоріжжя.
- Підготовка інвестиційних проєктів термомодернізації пілотних бюджетних та житлових будівель міста Запоріжжя до проєктування, фінансування та впровадження у період 2022 – 2024 рр.

Завданням енергетичного аудиту є виявлення та обґрунтування пакетів енергоефективних заходів, що забезпечать зменшення витрат енергоресурсів у будівлях міста приблизно в 3 рази при забезпеченні комфортних умов перебування людей в будівлях.

Також, завданням енергетичного аудиту є підготовка технічних завдань на робоче проєктування термомодернізації будівель.

Резюме

Енергетичний аудит будівлі ДНЗ №126 по вул. Патріотична, 40а виконаний енергосервісною компанією «Екологічні Системи» за завданням Департаменту освіти і науки, молоді та спорту Запорізької міської ради.

В ході проведення енергетичного аудиту будівлі запропоновані ряд заходів для зниження потреб в енергоресурсах на опалення та електропостачання. В звіті енергоефективні заходи згруповані по двом пакетам в залежності від капіталоміскості та очікуваної економії теплової енергії.

Планується, що згідно з вибраною схемою, строками та обсягами фінансування, пілотні будівлі будуть також згруповані у належні пули локальних проєктів.

Одним із таких пілотних проєктів стане проєкт термомодернізації будівлі ДНЗ №126 по вул. Патріотична, 40а.

Склад Пакетів наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Склад Пакетів енергозберігаючих заходів

Пакет 1	Пакет 2
Часткова модернізація системи опалення; Заміна вікон та балконних блоків; Часткова модернізація системи вентиляції; Часткова модернізація системи освітлення.	Комплексна модернізація системи опалення; Модернізація фасаду; Модернізація дахового перекриття; Модернізація підвального перекриття; Заміна вікон та балконних блоків; Часткова модернізація системи вентиляції; Часткова модернізація системи освітлення.

Порівняльний аналіз Пакетів наведений в таблиці 3.2.

Набір заходів, що входять до Пакету №1, потребують менших капітальних витрат, проте дозволять несуттєво знизити споживання енергії на опалення будівлі.

Пакет №2 передбачає більш глибоку модернізацію будівлі, що дозволить знизити потреби в енергоресурсах на опалення приблизно в 3 рази від базового рівня споживання та досягнути середньоєвропейських показників енергоефективності будівель.

В якості базового пропонується Пакет 2 енергозберігаючих заходів, що відповідає меті Муніципального енергетичного плану Запоріжжя.

Економічна ефективність пропонуваних заходів забезпечується за рахунок зниження споживання енергії в будівлі. Додатковий позитивний результат при впровадженні заходів буде спостерігатися у вигляді підвищення комфортності перебування людей у приміщенні та кращого зовнішнього вигляду будівель за рахунок архітектурного оздоблення.

Таблиця 3.2 – Порівняльний аналіз пакетів енергозберігаючих заходів

Пакети ЕЕ заходів	Базове споживання енергії на опалення	Річна економія енергії на опалення		Капітальні витрати на реалізацію заходів	Простий строк окуп- ності по тарифам 2022 р.	Простий строк окуп- ності по тарифам 2024 р. (довідкове)*
	кВт·год	кВт·год	%	тис. грн	роки	роки
Пакет 1	304 802	98 143	32	587	9,8	5,8
Пакет 2	304 802	216 659	71	1 568	11,8	6,9

* – розрахунки строків окупності виконані по базі прогнозних тарифів 2020 року у розділі 3.7 з метою порівняння показників економічної ефективності по базі існуючих та майбутніх тарифів.

Економічні показники базового варіанту наведені в таблиці 3.3.

Економічні розрахунки за іншими варіантами представлені нижче.

Усі найменування обладнання, матеріалів та компаній-виробників, що наведені нижче, є прикладом, використано як базу для розрахунків та не має рекламного характеру.

Таблиця 3.3 – Економічні показники пропонуваних енергоефективних заходів (по тарифах за 2022 р.)

№126 по вул. Патріотична, буд.40а, м. Запоріжжя				Опалювальна площа: 1 573 м²			
Енергоефективні заходи		Інвестиції	Чиста економія		Простий строк окупності по тари- фам 2020 р.	NPVQ* по та- рифам 2020 р.	Простий строк окуп- ності** по тарифам 2022 р. (довідкове)
Пакет 2		тис. грн	кВт·год	тис. грн	рік		рік
1.	Комплексна модернізація системи опалення	339,2	24 430	15,1	22,4	-0,59	13,2
2.	Модернізація фасаду	479,1	82 821	51,3	9,3	0,43	5,5

3.	Модернізація дахового перекриття	240,2	33 816	21,0	11,5	0,16	6,7
4.	Модернізація підвального перекриття	39,8	4 614	2,9	13,9	-0,04	8,2
5.	Заміна вікон та балконних блоків	383,2	39 884	24,7	15,5	-0,20	9,1
6.	Часткова модернізація системи вентиляції	86,3	31 094	18,7	4,6	0,97	2,7
7.	Часткова модернізація системи внутрішнього освітлення	9,9	5 746	5,4	1,8	4,85	1,1
	Всього	1 577,7	222 404	139,2	11,3	0,06	6,7

* – Ставка дисконтування в розрахунках прийнята у розмірі 7%. Строк життя проєкту прийнято 15 років. Похибка обчислення може становити $\pm 10\%$.

** - розрахунки строків окупності зроблено по базі прогнозних тарифів 2022 року з метою порівняння показників економічної ефективності по базі існуючих та майбутніх.

В таблиці 3.4 наведені показники економії енергії, що отримані згідно Пакету 2 відносно базового споживання, з розділенням на окремі потреби.

Таблиця 3.4 – Показники економії енергії згідно Пакету 2, з розділенням на окремі потреби.

Найменування	Одиниця вимірювання	Базове споживання	Споживання після заходів	Економія
Централізоване опалення	кВт·год	304 802	88 143	216 659
Електроенергія	кВт·год	45 357	39 611	5 746

Таким чином, після проведення комплексної термомодернізації, енергоефективність будівлі (на опалення) підвищиться від існуючого класу К до класу С, згідно загальноєвропейської класифікації енергоефективності будівель. Класифікація енергоефективності будівлі до та після проведення

термомодернізації, згідно загальноприйнятих в країнах ЄС нормативів, приведена на рисунку 3.1.

За рахунок впровадження віх заходів Пакету 2 досягається непряме зниження викидів CO₂ в розмірі 60,4 тонн/рік (51% від існуючого стану).

Звіт виконано за результатами спрощеного енергетичного аудиту з використанням програмного забезпечення ENSI EAB Software.

Питомі витрати теплової енергії на опалення, кВт·год/м² за рік.

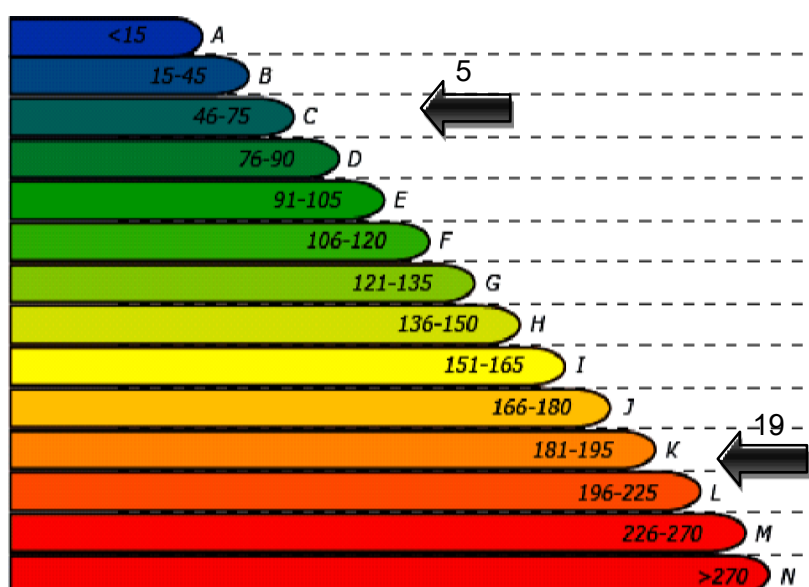


Рисунок 3.1 – Клас енергоефективності будівлі до та після термомодернізації (згідно класифікації енергоефективності будівель в країнах ЄС)

За рахунок впровадження віх заходів Пакету 2 досягається непряме зниження викидів CO₂ в розмірі 60,4 тонн/рік (51% від існуючого стану).

Звіт виконано за результатами спрощеного енергетичного аудиту з використанням програмного забезпечення ENSI EAB Software.

3.2 Організація проєкту дошкільного навчального закладу

Назва проєкту/будівлі/об'єкту:

Дошкільний навчальний заклад (ясла-садок) № 126 «Сунічка».

Енергоаудитор: Енергосервісна компанія «Екологічні Системи».

Наслідком цих стандартів та правил є наступні вимоги:

- м. Запоріжжя відноситься до II температурної зони з загальною кількістю градусодіб опалювального періоду більше 3250;
- середня зовнішня температура за опалювальний період для м. Запоріжжя складає $1,4^{\circ}\text{C}$;
- нормативне значення температури в приміщеннях: $t_{\text{вн}} = 22^{\circ}\text{C}$;
- мінімальний опір теплопередачі зовнішніх стін $R_{q \min} \geq 2,5 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$;
- мінімальний опір теплопередачі вікон $R_{q \min} \geq 0,56 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$;
- мінімальний опір теплопередачі входних дверей $R_{q \min} \geq 0,41 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$;
- мінімальний опір теплопередачі перекриття над неопалюваним підвалом, що розташований вище рівня землі $R_{q \min} \geq 2,6 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$;
- мінімальний опір теплопередачі горища $R_{q \min} \geq 4,5 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$;
- допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою;
 - внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $\Delta t_{\text{сг}}$, стіни - 4°C , горище – 3°C , підлога – 2°C ;
- нормативні максимальні тепловитрати складають $E_{\text{max}} = 37 \text{ кВт} \cdot \text{год}/\text{м}^3$;
- забезпечення повітрообміну приміщень;
- забезпечення місцевого регулювання теплового потоку для забезпечення комфортних умов;
- забезпечення належного рівня освітленості;
- теплоізоляція трубопроводів, кранів, арматури;
- теплоізоляційні матеріали, що використовуються в конструкціях теплоізоляційної оболонки будинків, повинні відповідати вимогам [1] та супроводжуватися висновками державної санітарно-епідеміологічної експертизи МОЗ України;
- конструкції теплоізоляційної оболонки будинків повинні відповідати вимогам пожежної безпеки за ДБН В.1.1-7.

3.3 Загальні дані про будівлю

Будівля побудована у 1962 році, за проєктом серії 2-04-437/438-8 (дитячі ясла садок на 135 місць). На час проведення аудиту середня кількість дітей складала 140 осіб. Кількість працюючого персоналу 35 особа.

Внутрішня температура в приміщеннях будівлі незадовільна. В опалювальний період внутрішня температура коливається в межах $+10...+21^{\circ}\text{C}$ в залежності від призначення та розміщення приміщень. При низькій температурі зовнішнього повітря в опалювальний період робітники установи скаржаться на низьку температуру в приміщеннях. Нормативне значення температури в приміщеннях складає $+22^{\circ}\text{C}$ відповідно до громадські будинки та споруди.

За останні роки були здійсненні ремонти за кошти міського бюджету, а саме: замінено 4 дерев'яних віконних блоків на металопластикові; замінено 6 дверей на металеві з теплоізоляцією; реконструкція крівлі даху. Щорічно відбувається промивка внутрішньої системи опалення.

Загальні дані про будівлі наведено в таблиці 3.5. На рисунку 3.2 приведено план забудови будівлі.

Таблиця 3.5 – Загальні дані про будівлю

Рік забудови	1962 р. 1971 р.	Кількість поверхів	2
Площа забудови, $S_{\text{заб}}, \text{м}^2$	889	Площа опалювальна $S_{\text{опал}}, \text{м}^2$	1 573
Площа приміщень $S_{\text{приміщень}}, \text{м}^2$	1 553	Об'єм опалювальний $V_{\text{опал}}, \text{м}^3$	4 952
Об'єм загальний $V_{\text{заг}}, \text{м}^3$	6 006	Чиста висота приміщення $h_{\text{прим}}, \text{м}$	3,0



Рисунок 3.2 – План забудови

Нижче в таблиці 3.6 приведено найменування організацій, що надають комунальні послуги. Характеристика приладів обліку енергоресурсів приведена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.6 – Найменування організацій, що надають послуги з енергопостачання

Існуючі сервісні контракти з експлуатації і обслуговування	Відповідальна компанія/особа
Теплопостачання	Філія Концерну «Міські теплові мережі»
Електропостачання	Відкрите акціонерне товариство «Запоріжжяобленерго»
Водопостачання	Комунальне підприємство «Водоканал»

Таблиця 3.7 – Характеристика приладів обліку енергоресурсів

Встановлені лічильники	Місце розташування	Рік введення в дію	Найменування/Тип	Серійний номер	Дата останньої повірки
Електроенергія	І.Будівля ДНЗ	1990 1990	СА4У-И672М	134648 884379	27.10.2009
Централізоване теплопостачання. (Теплолічильник.)	Підвал ІІ.Будівлі ДНЗ	2005	Multikal 401 66W-0-0-6-B-320	2663517	01.10.2009
Природний газ	-				
Холодна вода	І.Будівля ДНЗ		Нептун	26434765	01.10.2009

3.4 Конструктивні особливості будівлі

Зовнішні стіни

Стан стін будівлі задовільний, значні пошкодження фасаду відсутні. Між основною будівлею та прибудовою виявлене нещільне примикання стін, що призводить до додаткових втрат тепла. Площа стін та їх характеристика приведена таблиці 3.8. На рисунку 3.3 представлено фрагменти фасаду будівлі.

Таблиця 3.8 – Характеристики стін

Загальна площа ($S_{\text{стін}}$ м ²)	786	Опір теплопередачі стін ($R_{\text{стін}}$, м ² ·К/Вт)		0,77
Конструкція стіни	Кладка цегляна з повнотілої цегли силікатної на цементно- піщаному розчині (510 мм) Вапняно-піщана штукатурка (20 мм)		Теплоізоляція	Відсутня
Орієнтація за сторо- нами світу	Пн/Сх	Пд/Сх	Пд/Зх	Пн/Зх
Площа стіни (м ²)	91	313	81	301

Існуюче значення опору теплопередачі стін $R_{\text{стін}}$ 0,77 м²·К/Вт менше ніж мінімальне допустиме значення опору теплопередачі стін $R_{\text{стін min}} = 3,5$ м²·К/Вт, відповідно [1].



Рисунок 3.3 – Фрагменти фасаду будівлі

Будівля має 94 вікна та 8 балконних блоків, загальною площею 276 м², що складає 25 % від загальної площі фасаду (коефіцієнт скління фасадів становить 0,25). Будівля характеризується значною кількістю вікон різного

розміру. В закладі переважають дерев'яні спарені та роздільні віконні блоки з двійним склінням. За останні роки було замінено 4 дерев'яних віконних блоків на металопластикові з однокамерними склопакетами (варіант скління 4-16п-4і). Існуючі дерев'яні віконні блоки в незадовільному стані, деревина за період експлуатації розсохлась, спостерігаються нещільності між рамою і склом. В таблиці 3.8 представлені характеристики віконних блоків будівлі, на рисунку 3.8 представлено зовнішній вигляд вікон.

Таблиця 3.8 – Характеристики віконних блоків

ієнтація	Розмір (а x b)		Площа одного	Кількість, шт				Загальна площа, м²			
	м		м²	Д	П _{ен.зб}	Сб	Всього	Д	П _{ен.зб}	Сб	Всього
Пн/Сх	1,55	x 3,57	5,53	1	-	-	1	5,5	-	-	5,5
	1,8	x 1,4	2,52	2	-	-	2	5,0	-	-	5,0
	0,5	x 1	0,50	-	1	-	1	-	0,5	-	0,5
Пд/Зх	1,8	x 3,6	6,48	3	-	-	3	19,4	-	-	19,4
	1,8	x 1,4	2,52	4	-	-	4	10,0	-	-	10,0
Пд/Сх	1,8	x 1,4	2,52	32	-	-	32	80,6	-	-	80,6
	1,8	x 2	3,60	8	-	-	8	28,8	-	-	28,8
	1,8	x 1	1,80	2	-	-	2	3,6	-	-	3,6
	0,5	x 1	0,50	2	-	-	2	1,0	-	-	1,0
Пн/Зх	1,55	x 3,57	5,53	2	-	-	2	11,1	-	-	11,1
	1,8	x 1,4	2,52	8	-	-	8	20,1	-	-	20,1
	1,8	x 1	1,80	23	1	-	24	41,4	1,8	-	43,2
	0,5	x 1	0,50	-	2	-	2	-	1,0	-	1,0
	4,25	x 1,5	6,38	-	-	2	2	-	-	12,8	12,8
	3,75	x 1,25	4,69	-	-	1	1	-	-	4,7	4,7
Всього				87	4	3	94	222	3,3	17,5	248

Таблиця 3.8.1 – Характеристики балконних блоків

Орієнтація	Розмір (а х b)		Площа одного	Кількість, шт		Загальна площа, м²	
	м		м²	Д	П	Дер.	П
Пн/Сх	2,6	х 0,95	2,47	1	-	2,5	-
	1,55	х 2,73	4,23	1	-	4,2	-
Пн/Зх	2,6	х 0,95	2,47	3	-	4,9	-
	1,55	х 2,73	4,23	2	-	8,5	-
	2,6	х 0,95	2,47	1	-	2,5	-
	2	х 2,73	5,46	1	-	5,5	-
Всього				8	-	28	-

Існуючі дерев'яні вікна не відповідають вимогам [1], опір теплопередачі становить $R_{\text{вікон Д}} = 0,36 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$. Встановлені металопластикові вікна (варіант скління 4-16п-4і) $R_{\text{вікон П}_{\text{ен.зб}}} = 0,61 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ відповідає цим

ВИМОГАМ.

Мінімально допустиме значення опір теплопередачі вікон відповідно до вимог [1], $R_{\text{вікон min}} = 0,56 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.



Рисунок 3.9 – Вигляд вікон будівлі

Вхідні двері

В будівлі встановлені 8 вхідних дверей. Двері головного входу встановленні металеві з теплоізоляцією, оснащені інерційною системою зачинення (доводчиком) – 6 шт. та дерев'яні -2 шт., спостерігаються нещільності між дверною рамою та дверми.

В таблиці 3.10 приведені характеристики дверей будівлі, на рисунку 3.4 представлено зовнішній вигляд дверей будівлі.

Таблиця 3.10 – Характеристики вхідних дверей

Орієнтація	Розмір (a x b)			Площа одної	Кількість	Загальна площа	Тип матеріалу (П,Д,М.)
	м			м ²	шт.	м ²	
Пн/Сх	2,1	х	1	2,10	1	2,10	М
Пд/Сх	2,1	х	1	2,10	2	4,20	Д
Пд/Зх	2,1	х	1,6	3,36	3	10,08	М
	2,1	х	1,6	3,36	2	6,72	М
Всього					8	23,1	

Існуючі дерев'яні двері не відповідають вимогам [1], опір теплопередачі таких дверей становить $R_{\text{вх. дверей Д}} = 0,38 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що є менше ніж мінімально допустиме значення $R_{\text{вх. дверей min}} = 0,41 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Опір теплопередачі встановлених металевих дверей з теплоізоляцією, становить $R_{\text{вх. дверей М}} = 0,41 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що відповідає вимогам [1].

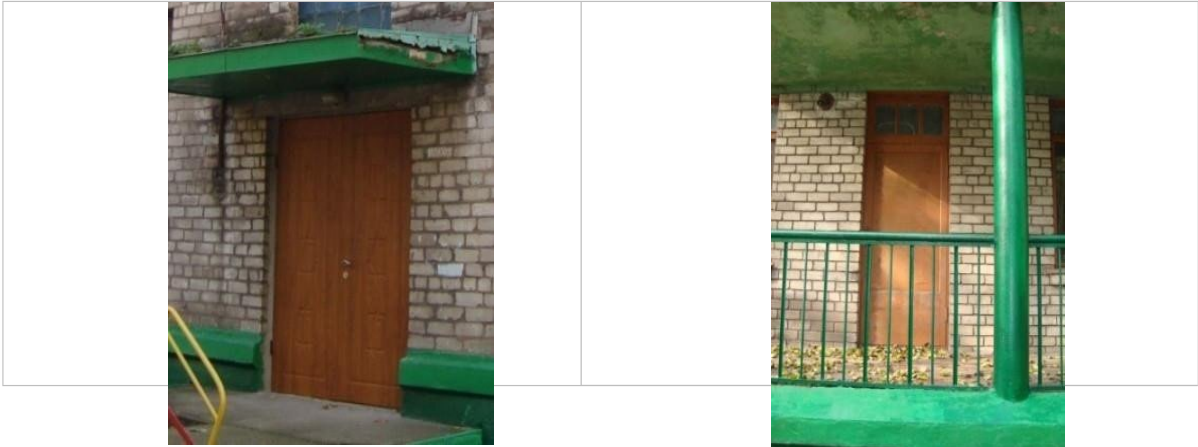


Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд входних дверей будівлі

Дах

Крівля сумісна рулонна з перекриттям верхнього поверху, без технічного поверху. Дах в задовільному стані. В 2011 проводився ремонт (відновлення цілісності гідроізоляції). Утеплення не проводилось.

В таблиці 3.11 приведені характеристики конструкції даху будівлі, на рисунку 3.5 представлено зовнішній вигляд покриття даху.

Таблиця 3.11 – Характеристика конструкції даху

Плита даху	Розміри плити перекриття, м	Площа перекриття, $S_{\text{перек}} \text{ м}^2$	Конструкція плити перекриття	Загальний опір теплопередачі даху ($R_{\text{даху}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$)
	11,4 x 16,9 11,5 x 51,7	192,7 594,0	Залізобетонна багатопустотна плита (220 мм), гравій керамзит вий (200 мм), цементно-піщана стяжка	1,3
Усього		786,6	(20 мм) руберойд	

Існуюче значення опору теплопередачі даху $R_{\text{даху}} = 1,30 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ менше ніж мінімальне допустиме значення опору теплопередачі перекриття неопалювальних горищ $R_{\text{даху min}} = 4,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, [1].

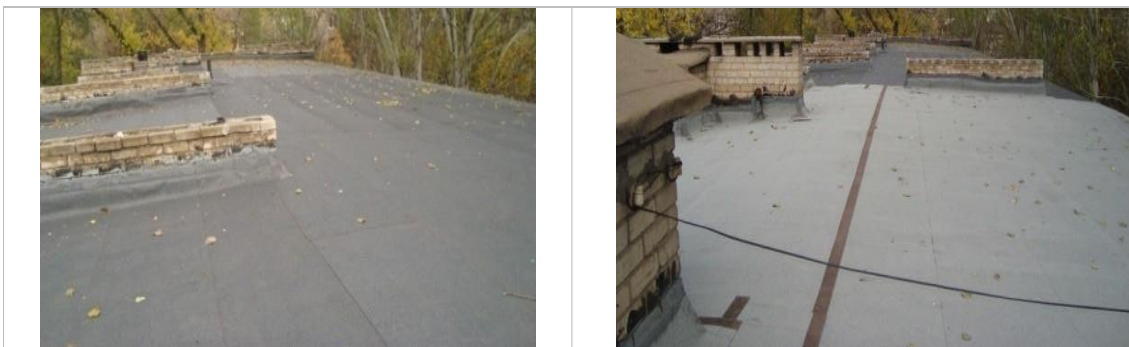


Рисунок 3.5 – Вигляд перекриття даху

Підвал

Під будівлею наявний підвал площею $192,7 \text{ м}^2$ та підпільні канали, де розміщені нижня частина розведення труб систем опалення, гарячого та холодного водопостачання, а також каналізації. Ізоляція трубопроводів виконана частково. Зарахунок неефективної ізоляції трубопроводів системи опалення, середня температур в підвалі за опалювальний період коливається в межах $+7 - +12 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Інша частина будівлі без підвалу, підлога першого поверху пролягає на ґрунті. В таблиці 3.12 представлені характеристики підвалу будівлі.

Таблиця 3.12 – Характеристики підвалу

Технічний підвал			
Площа підвалу, S підвал м^2	Конструкція плити перекриття	Висота h внутр., м	Загальний опір теплопередачі ($R_{\text{даху}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$)
192,7	Залізобетонна багатопустотна плита (220 мм), цементно-піщана стяжка (30 мм), гравій керамзитовий (150 мм), лінолеум /паркет	2,35	1,9
Підлога на ґрунті			
Площа підлоги S підлоги м^2	Конструкція плити перекриття	Загальний опір теплопередачі $R_{\text{підвалу}}$, $\text{м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$	
594,0	Залізобетонна плита (300 мм), цементно-піщана стяжка (40 мм), лінолеум /паркет	1,9	

Існуюче середнє значення опору теплопередачі підвалу $R = 1,9 \text{ м}^2 \cdot \text{K}/\text{Вт}$ має значення меншим ніж мінімальне допустиме значення перекриття над

неопалюваними підвалами, що розташовані нижче рівня землі ($R_{\text{підвалу min}} = 2,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$), відповідно [1].

3.5 Характеристика інженерних систем

Опалення

Джерело теплової енергії

Теплопостачання закладу здійснюється централізовано від котельні по вул. Адмірала Нахімова, 4, що обслуговується Філією Олександрівського району.

Концерну «Міські теплові мережі».

Підключене теплове навантаження будівлі на опалення становить 0,085 Гкал/год (98,9 кВт).

Вузол теплового введення

Вузол теплового введення знаходиться в підвалі прибудови до основної будівлі. Приєднання системи опалення виконано за залежною схемою з використанням елеваторного вузла.

Запірна арматура знаходиться в робочому стані.

Теплова ізоляція вузла теплового введення виконана не в повному обсягу: не ізольовані з'єднувальні фланці, запірна арматура та деякі ділянки трубопроводів.

Вузол теплового введення не обладнаний системою автоматичного регулювання теплового потоку.

Для здійснення комерційного обліку спожитої теплової енергії на опалення та ГВП, вузол теплового введення було обладнано ультразвуковим тепловим лічильником Multical 401 (серійний № 2663517) виробництва Kamstrup (Данія).

На рисунку 3.6 представлений елементи вузла теплового введення та магістральні трубопроводи.



Рисунок 3.6 – Вузол теплового ведення та магістральні трубопроводи

Внутрішньобудинкова система опалення

Проект опалення виконаний на розрахункову температуру зовнішнього повітря $t_{z.o.} = -23\text{ }^{\circ}\text{C}$. Розрахунковий перепад температури в системі опалення прийнято $95^{\circ}-70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Система опалення прийнята однотрубна з верхнім розведенням та вертикальними стояками.

Трубопроводи змонтовані зі сталевих електрозварних труб і сталевих водогазопровідних труб. Заміна сталевих трубопроводів системи опалення на поліпропіленові здійснювалась частково.

Теплова ізоляція магістральних трубопроводів, прокладених в підпільних технічних каналах будівлі та під стелею верхнього поверху – відсутня.

Прокладка стояків – відкрита вздовж стін будівлі.

Заходи з балансування розподільчої системи не здійснювались.

Проектом опалення будівлі передбачено обігрів приміщень чавунними секційними радіаторами типу М-140 та реєстрами зі сталевих гладких труб. В групових та спальнях першого поверху проектом передбачалась підлога з циркуляцією теплого повітря, для чого на зворотній магістралі монтуються

ребристі труби.

Заміна опалювальних приладів на сучасні не здійснювалась.

На час проведення обстеження кількість чавунних секційних радіаторів становила 96 шт. (904 секції), регістрів зі сталевих труб $\varnothing 108$ мм загальною довжиною 47 пм.

Прилади автоматичного регулювання тепловіддачі опалювальних приладів не встановлені.

Температура в більшості приміщеннях нижча за нормовану. На це є кілька причин:

- система підігріву підлоги не функціонує;
- встановлені опалювальні прилади не мають змоги задовольнити належний режим опалення будівлі через недостатню теплову потужність, засміченість внутрішніх поверхонь відкладеннями та зменшення тепловіддачі в приміщення за рахунок нагрівання декоративних панелей;
- внутрішня система опалення будівлі розбалансована.

Задля забезпечення комфортних теплових умов в приміщеннях використовуються електрообігрівачі.

На рисунку 3.7 представлені прилади опалення, що встановлені в будівлі.



Рисунок 3.7 – Елементи внутрішньої системи опалення будівлі

Побутове гаряче водопостачання

Гаряче водопостачання (ГВП) будівлі здійснюється централізовано. Приєднання системи виконано за закритою схемою через кожухотрубний секційний водоводяний підігрівач.

Приєднане навантаження на ГВП становить 0,011 Гкал/год (12,5 кВт).

Трубопроводи ГВП виконані зі сталі. Частина трубопроводів замінено на поліпропіленові.

Теплова ізоляція теплообмінника виконана з мінеральної вати та пінополіуретану, ізоляція розвідних трубопроводів відсутня.

Комерційний облік спожитої теплової енергії на ГВП здійснюється лічильником теплової енергії, що встановлено на тепловому введенні в будівлю.

Подача гарячої води відбувається цілодобово. Гаряча вода використовується на загально побутові потреби та для купання дітей.

Вентиляція

Проектом будівництва передбачена витяжна вентиляція з природним спонуканням, припливний потік свіжого повітря забезпечується за рахунок відкривання фрамуг вікон та нещільностей в огорожувальних конструкціях.

Для приміщення кухні передбачено дві витяжні системи вентиляції з механічним спонуканням та організованим природним припливом повітря.

Вентиляційне обладнання

Відомості про тип та характеристики вентиляційного обладнання в ході проведення енергетичного аудиту не були надані.

Автоматичне управління системою вентиляції за часовими програмами та частотне регулювання вентиляційних механізмів не передбачено, рекуператори теплоти не встановленні.

Під час аудиторського обстеження вентиляційний агрегат витяжної системи:

№1 для кухні знаходився в непрацездатному стані, а вентагрегат системи №2 персонал не застосовує через його неефективність.

Мережі каналів й ізоляція

Повітропроводи витяжної системи виконані з оцинкованої сталі. Канали не забезпечені регуляторами та закриваючими стулками з вимірювальними штуцерами. Ізоляція каналів відсутня.

Природна витяжна вентиляція здійснюється через канали, що прокладені в товщі та вздовж стін, та виводяться вище рівня даху приблизно на 0,5-0,7 м.

Витяжні решітки встановлені на каналах під стелею. Засоби регулювання на вихідних отворах не встановлені.

Заходи з очищення вентиляційних каналів не здійснювались.

На рисунку 3.8 приведена елементи системи вентиляції.

Вентагрегат механічної витяжки на даху	Повітропроводи витяжної системи на кухні
	

Рисунок 3.8 – Елементи вентиляційної системи.

Освітлення

Система внутрішнього освітлення закладу складається зі світильників з лампами розжарювання, лінійних люмінесцентних та компактних люмінесцентних ламп (енергозберігаючі або КЛЛ).

Найбільша частка споживання електроенергії в системі внутрішнього освітлення припадає на лампи розжарювання, кількість яких налічується близько 153 шт., річне споживання становить 9,8 тис. кВт·год, або 68% від загального споживання на освітлення.

Управління освітленням здійснюється в ручному режимі.

Система зовнішнього освітлення складається з світильників, що встановлені над входами в будівлю, оснащених лампами розжарювання потужністю 100 Вт.

В таблиці 3.12 приведені характеристики системи внутрішнього та зовнішнього освітлення будівлі.

Таблиця 3.12 – Характеристики системи внутрішнього та зовнішнього освітлення.

Найменування	Кількість	Одинична потужність, кВт	Загальна потужність кВт	Кількість годин роботи в рік	Розрахункове споживання електроенергії, тис. кВт·год в рік
Лампи розжарювання	153	100;75;60;40	10,4	945	9,8
Люмінесцентні лампи	134	20;40	2,8	945	2,7
Енергозберігаючі лампи	49	15;21	0,8	1512	1,2
Вуличне освітлення	5	100	0,5	1512	0,8
Всього	341	100	14,5		14,4

Електрообладнання

Загальна потужність електрообладнання закладу становить 30,6 кВт. Найбільшим енергоємним сектором споживання електроенергії є харчоблок, на частку якого припадає 59 % від загального споживання.

Перелік електричного обладнання та його характеристика приведено в таблиці 3.9 На рисунку 3.10 представлені фотографії електрообладнання встановленого на кухні та харчоблоку.

Пральна машина	Центрифуга	Електроплита
		

Рисунок 3.9 – Вигляд електрообладнання в пральні та кухні

Таблиця 3.13 – Перелік та характеристики електричного обладнання

Найменування	Рік введення в дію	Кількість	Одинична номінальна потужність, кВт	Загальна потужність, кВт	Кількість годин роботи в рік	Розрахункове споживання електроенергії з урахуванням коефіцієнту К*, тис. кВт*год
Кухонне обладнання						
Електрокотел	1980	1	6,0	6,0	600	1,8
Електроплита	2008	1	17,0	17,0	1260	10,7
Електропривод універсальний	1980	1	0,5	0,5	144	0,0
Електросковорода	1977	1	6,0	6,0	432	1,6
Холодильник Атлант	2017; 2018; 2022	3	0,1	0,3	8928	1,6
Холодильник Снаге	2005	1	0,1	0,1	8928	0,5
Холодильник Днепр	1983	1	0,1	0,1	8928	0,5
Електрокип'ятильник ЭКГ-100	2012	1	9,0	9,0	264	1,4
Всього				39,0		18,2
Обладнання пральні						
Пральна машина	1977	1	3	3	1320	2,4
Пральна машина LG	2007	1	1,9	1,9	1320	1,5
Центрифуга КП	1991	1	5,3	5,3	1320	4,2
Праска	1985	1	1,2	1,2	1320	1,0
Всього				11,4		9,0
Інше побутове обладнання						
Електрорушник	1979	1	2,5	2,5	26,4	0,1
Комп'ютер	2008	1	0,2	0,2	2112	0,4
Електроконвектор	2011	3	1,6	4,8	352	1,7
Пилосос	2008	3	1,43	4,3	264	1,1
Інше обладнання**				0,2		0,1
Всього				12,0		3,4
Загалом				62,4		30,6

* - К – коефіцієнту усереднення номінальної потужності , що дорівнює 0,2-0,5

** – до переліку іншого обладнання входять оргтехніка, тощо.

3.6 Енергоспоживання

Виміряне енергоспоживання

Зведені дані про енергоспоживання закладу за останні чотири роки та дані розрахунку значень питомого споживання наведено в таблиці 3.14

Таблиця 3.14 – Споживання енергоресурсів

Рік 2019	Од. вим.	Централізоване теп- лопостачання		Елект- роенер- гія	Вода	Всього
		на опа- лення	на ГВП			
Витрати на оплату	тис. грн	52,0	14,3	22,6	5,0	93,9
Споживання енерго- ресурсів	тис. кВт·год	253,5	68,6	45,9		368,1
	Гкал	218,0	59,0			277,0
	тис. м ³				1,3	1,3
Питоме енергоспо- живання	кВт·год/м ²	161,2	43,6	29,2		233,9
Рік 2020						
Витрати на оплату	тис. грн	71,8	13,7	21,7	6,0	113,1
Споживання енерго- ресурсів	тис. кВт·год	234,9	45,4	36,9		317,2
	Гкал	202,0	39,0			241,0
	тис. м ³				1,3	1,3
Питоме енергоспо- живання	кВт·год/м ²	149,3	28,8	23,4		201,6
Рік 2021						
Витрати на оплату	тис. грн	92,7	9,9	26,1	9,0	137,7
Споживання енерго- ресурсів	тис. кВт·год	273,3	30,2	39,1		342,6
	Гкал	235,0	26,0			261,0
	тис. м ³				1,5	1,5
Питоме енергоспо- живання	кВт·год/м ²	173,7	19,2	24,8		217,8
Рік 2022						
Витрати на оплату	тис. грн	126,1	18,0	29,6	11,3	184,9
Споживання енерго- ресурсів	тис. кВт·год	287,3	43,0	36,3		366,6
	Гкал	247,0	37,0			284,0
	тис. м ³				1,8	1,8
Питоме енергоспо- живання	кВт·год/м ²	182,6	27,4	23,0		233,0

Питоме споживання енергії на опалення за останні 4 роки знаходиться в межах 150 – 183 кВт·год/м² в залежності від температури зовнішнього повітря та тривалості опалювального періоду. Фактичне питоме споживання теплової енергії на опалення перевищує нормативне значення (63 кВт·год/м²)

відповідно до ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель».

Найбільшу частку в структурі споживання енергії будівлею займає теплова енергія на опалення, що становить в середньому 78% в рік. В період 2019 до 2022 рр. споживання енергії на опалення знаходилося в межах 230 - 287 тис. кВт·год, що пояснюється різними кліматичними показниками опалювальних періодів.

Найбільша частка припадає на оплату послуг з постачання теплової енергії 68 % в 2022 році. Витрати на оплату теплової енергії з 2019 до 2022 року збільшилися в 6 разів, що в основному викликано зростанням тарифу на газ.

3.7 Базове енергоспоживання

Базове енергоспоживання – це річний обсяг витрат теплової енергії на потреби теплопостачання та споживання електричної енергії. Базове енергоспоживання служить вихідною точкою для оцінки результатів та наслідків реалізації проєктів, що дорівнює різниці між початковим (вихідним) станом і станом після реалізації проєктів.

Базове енергоспоживання енергії на опалення розраховано за допомогою програмного комплексу ENSI EAB Software з врахуванням нормативних умов в приміщенні.

В таблиці 3.15 – 3.16 приведені нормативні та прийнятні кліматичні дані згідно з [2], що використовувалися при розрахунках базового споживання теплової енергії на опалення.

Таблиця 3.15 – Температура зовнішнього повітря

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Нормативна середня температура місяця, °C	-3,5	-2,6	2	10,1	16,4	20,2	22,4	21,4	16,2	9,6	3,5	-1,1

Таблиця 3.16 – Нормативні кліматичні показники

Найменування	Показники
Температурна зона	2
Розрахункова температура зовнішнього повітря, °C	-21
Середня температура за опалювальний період	1,4
Кількість діб опалювального періоду	166
Середня нормативна температура в приміщені, °C	21

За базове значення споживання теплової енергії на ГВП приймаємо значення фактичного споживання.

Базове споживання електричної енергії на потреби освітлення та на побутові потреби будівлі, розраховано з урахуванням потужності обладнання та періодом його роботи. Характеристики роботи обладнання приведені в розділі 3.6 «Електропостачання». Структура базового споживання електричної енергії приведена в таблиці 3.17. Найбільша частка витрат електричної енергії припадає на кухонне обладнання, що становить 40 % від загального споживання електроенергії.

Таблиця 3.17 – Зведені розрахунки споживання електричної енергії

Найменування	Потужність, кВт	Розрахункове споживання електроенергії., тис. кВт·год
Освітлювальні прилади	14,0	13,7
Вуличне освітлення	0,5	0,8
Кухонне обладнання	39,0	18,2
Обладнання пральні	11,4	9,0
Інше обладнання	12,0	3,4
Всього	76,9	45,0

Зведені показники, порівняння фактичного та базового споживання енергії, приведені в таблиці 3.18. Базове споживання енергії на опалення більше на 12% порівняно з фактичним значенням, що пояснюється незадовільним станом огорожувальних конструкцій будівлі та недостатньою кількістю подачі теплової енергії від теплових мереж, що призводить до зменшення температури в приміщеннях будівлі.

Таблиця 3.18 – Зведені показники споживання енергії

Стаття бюджету енергоспоживання	Фактичне енергоспоживання 2020 р.	Базове енергоспоживання
	тис. кВт·год/рік	
Опалення	273	305
ГВП	30	30
Освітлення	46	14
Інше електрообладнання		31
Всього	349	380

3.8 Енергоефективні заходи

Енергоефективні заходи згруповані по пакетах в залежності від капіталоємності та очікуваної економії теплової енергії.

Загальний перелік заходів з розбивкою по пакетах наведено в таблиці нижче.

Набір заходів, що входять до Пакету №1, потребують менших капітальних витрат, проте дозволять несуттєво знизити споживання енергії на опалення будівлі.

Пакет №2 передбачає більш глибоку модернізацію будівлі, що дозволить знизити потреби в енергоресурсах на опалення приблизно в 3 рази від базового рівня споживання та досягнути середньоєвропейських показників енергоефективності будівель. Детальніша інформація щодо енергозберігаючих заходів наведена в таблиці 3.19

Таблиця 3.19 – Запропоновані енергоефективні заходи

ЗАПРОПОНОВАНІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІ ЗАХОДИ	
	Пакет №1
1.	Часткова модернізація системи опалення (встановлення автоматичного регулятора теплового потоку, балансування системи опалення, встановлення зарядіаторних рефлекторів)
2.	Заміна вікон та балконних блоків (встановлення енергозберігаючих вікон та склопакетів)
3.	Часткова модернізація системи вентиляції (встановлення локальних пристроїв вентиляції з рекуператорами теплоти)
4.	Часткова модернізація системи освітлення (заміна ламп розжарювання енергозберігаючими світлодіодними)
	Пакет №2
1.	Комплексна модернізація системи опалення (встановлення автоматичного регулятора теплового потоку, балансування системи опалення, встановлення біметалічних радіаторів, термостатичних регуляторів та зарядіаторних рефлекторів)
2.	Модернізація фасаду
3.	Модернізація дахового перекриття
4.	Модернізація підвального перекриття
5.	Заміна вікон та балконних блоків (встановлення енергозберігаючих вікон та склопакетів)
6.	Часткова модернізація системи вентиляції (встановлення локальних пристроїв вентиляції з рекуператорами теплоти)
7.	Часткова модернізація системи освітлення (заміна ламп розжарювання енергозберігаючими світлодіодними)

3.9 Опис енергоефективних заходів

Захід №1. Комплексна модернізація системи опалення

Існуюча ситуація

Існуюча система опалення будівлі неефективна та не забезпечує нормовану температуру в приміщеннях.

Застосування системи опалення без регулювання теплового потоку призводить до підвищеного рівня споживання теплової енергії у періоди збільшення температури зовнішнього повітря та коли будівля не використовується (вночі, вихідні дні).

За весь час експлуатації будівлі комплексний ремонт трубопроводів системи опалення та теплової ізоляції не виконувався.

Опалювальні прилади та трубопроводи системи опалення забруднені

твердими та м'якими відкладеннями, що призводить до порушення гідравлічного режиму та зниження якості теплопостачання.

Система опалення будівлі розбалансована. Нерівномірність розподілення теплоносія у внутрішній мережі призводить до коливань внутрішньої температури приміщень залежно від стояку системи опалення.

Можливість регулювання тепловіддачі приладів опалення відсутня.

Опис заходу

Для отримання максимального економічного ефекту, питання модернізації системи опалення необхідно розглядати комплексно, тобто включати одночасне переустаткування абонентського вводу і внутрішніх систем.

Комплексна модернізація системи опалення передбачає наступні заходи:

- заміна магістральних та розподільчих трубопроводів,
- балансування системи опалення,
- встановлення автоматичного регулятора теплового потоку,
- заміна встановлених опалювальних приладів на біметалічні радіатори,
- встановлення терморегуляторів на приладах опалення,
- встановлення теплоізоляційного рефлектору за опалювальними приладами.

Вибір заходів модернізації системи опалення заснований на вимогах державних нормативних документів:

- обов'язкове регулювання витрати та температури теплоносія за погодними умовами в індивідуальних теплових пунктах; заборона застосування елеваторів, допуск застосування насосів з частотним регулюванням, допуск застосування автоматичного обмеження витрати на будівлю замість лімітних шайб [3], [4].

- Обов'язкове автоматичне гідравлічне балансування стояків або приладових віток систем опалення проєктування висотних житлових і

громадських будинків [4].;

– Обов’язкове застосування автоматичних терморегуляторів на опалювальних приладах систем опалення. Житлові будинки. Реконструкція та капремонт»; а також з огляду на стан існуючої системи опалення закладу.

Основним завданнями модернізації є скорочення споживання теплової енергії при поліпшенні рівня теплового комфорту в приміщеннях.

Регулювання споживання теплової енергії.

Застосування того або іншого встаткування абонентського введення багато в чому визначено гідравлічними параметрами теплоносія в трубопроводах теплової мережі. Для спрощення автоматизації опалення прийнята для застосування типова схема з регулятором теплового потоку, циркуляційним насосом та регулятором перепаду тиску. В якості регулюючого пристрою використовується клапан із електричним приводом.

В Додатку А представлена детальна схема та принцип дії індивідуального теплового пункту із залежним підключенням абонента.

Регулятори теплового потоку широко представлені на ринку закордонними й вітчизняними виробниками. Найбільш широко відомі та добре зарекомендовані вітчизняні виробники – Київські підприємства КИАРМ і СЕМПАЛ.

Перелік робіт з модернізації теплового пункту:

- демонтаж старого встаткування теплового пункту;
- установка системи регулювання теплового потоку на введенні в будівлю;
- установка малошумних регульованих циркуляційних насосів;
- установка допоміжного устаткування для забезпечення надійного і якісного теплопостачання.

Розташування індивідуального теплового пункту передбачено в технічному підпіллі. Проектом не передбачається модернізація вузла введення гарячої води.

Вартість реалізації заходів з облаштування абонентських теплових

вузлів введення автоматичними регуляторами теплового потоку залежно від температури зовнішнього повітря визначається на стадії робочого проєктування, зокрема за програмним комплексом АВК. Орієнтовна вартість регуляторів теплового потоку з допоміжним обладнанням та роботами приведена в таблиці 3.20

Таблиця 3.20 – Орієнтовна вартість обладнання, матеріалів та робіт

№	Найменування устаткування та робіт	грн., без ПДВ	грн., з ПДВ
1	Керуюче регулювальне обладнання	11 001,07	13 201,29
2	Датчики температури	741,91	890,29
3	Виконавче обладнання для регулювання температури	12 531,25	15 037,50
4	Насосне обладнання	11 558,15	13 869,78
5	Обладнання для ручного регулювання тиску	478,53	574,24
6	Експлуатаційна гідравлічна арматура	8 977,33	10 772,80
7	Експлуатаційне вимірювальне обладнання	491,78	590,13
8	Матеріали і з'єднувальні частини трубопроводу	2 463,80	2 956,56
9	Електромонтажне обладнання і матеріали	432,81	519,37
10	Теплоізоляційні і антикорозійні матеріали	920,50	1 104,60
11	Обладнання і матеріали вузлів врівноважування різниці тисків на вводах	4 800,59	5 760,71
12	Розроблення робочого проєкту	4 351,82	5 222,18
13	Монтажні (механічні, електротехнічні) роботи	10 879,54	13 055,45
14	Пусконаладжувальні роботи та введення в експлуатацію	1 087,95	1 305,55
	Всього:	70 71703,00	84 86044,00

Заміна магістральних та розподільчих трубопроводів

Внаслідок тривалої неналежної експлуатації системи тепlopостачання будівлі, сталеві трубопроводи системи опалення зазнали змін. З часом на внутрішні стінках труб утворилися відкладення різної природи та характеру. Незалежно від хімічного складу і структури відкладень, їх утворення приводить до серйозного засмічення та зменшення пропускної здатності трубопроводів, збільшенню їх шорсткості і значного збільшення

гідравлічного опору. Зростає витрата енергії, зменшується середня температура радіаторів, кількість теплоти, що віддається в приміщення та зростає загроза локальної корозії.

Найбільшої шкоди утворенні відкладення можуть завдати системі автоматизації тепlopостачання.

В рамках комплексної модернізації системи опалення пропонується замінити існуючі сталеві розподільчі трубопроводи опалення на труби з зшитого поліетилену (PEX), а магістральні – на попередньо ізольовані пінополіуретаном.

3.10 Балансування системи опалення

Для нормального та сталого функціонування системи опалення будівлі загальна кількість теплоносія системи опалення повинна розподілятися по паралельних циркуляційних контурах таким чином, щоб втрати тиску в контурах були рівні між собою. Таким чином, для розподілу теплоносія відповідно до теплових навантажень циркуляційних контурів системи опалення, необхідно виконати гідравлічне ув'язування за рахунок забезпечення однакових втрат тиску в контурах.

Крім того, балансування приладових віток системи опалення необхідно для створення фіксованого гідравлічного опору, що дозволяє створити необхідний перепад тиску перед терморегуляторами, тобто забезпечити регулювання тепловіддачі опалювальних приладів для підтримки заданої температури в приміщенні.

Таким чином, гідравлічне балансування системи опалення дозволить нормалізувати температури по приміщеннях будівлі, покращить санітарні умови перебування людей, а також дозволить зменшити перевитрати теплової енергії.

Для вирівнювання гідравлічних втрат у контурах системи опалення використовується РС балансувальна арматура ручного або автоматичного

регулювання, яка представлена на ринку України такими виробниками як Danfoss, Herz, Honeywell, Oventrop тощо.

В рамках заходу пропонується виконати розрахунки щодо гідравлічного та теплового режиму системи опалення, за результатами яких здійснити балансування системи опалення будівлі шляхом встановлення балансувальних вентилів на вертикальних приладових вітках (стояках) системи.

Заміна радіаторів опалення на біметалічні радіатори

Встановлені радіатори не мають змоги задовольнити належний режим опалення будівлі.

Для забезпечення нормативних умов теплопостачання будівлі пропонується замінити існуючі радіатори на нові біметалічні радіатори з поліпшеними показниками тепловіддачі.

Встановлення терморегуляторів на приладах опалення Терморегулятор призначається для підтримки в приміщенні будівлі заданої необхідної температури повітря. Терморегулятори опалення змінюють кількість теплоносія, яка проходить через опалювальний пристрій, в залежності від зміни температури в приміщенні. Таким чином збільшується або зменшується кількість тепла, випромінюваного радіатором.

Терморегулятори опалення встановлюють безпосередньо на опалювальному пристрої або перед ним на трубопроводі, що подає в пристрій теплоносій. За допомогою терморегуляторів можна встановлювати температуру в приміщенні на рівні від +6 °C до +28 °C. Дані прилади дозволяють перешкоджати перегріву приміщень, дозволяючи отримати економію близько 10% енергії, яка споживається на опалення будівель. Крім цього, терморегулятори опалення забезпечують в приміщеннях комфортну температуру повітря.

Улаштування теплоізоляційного рефлектора

Радіатори системи опалення розташовуються частіше за все під вікнами на відстані приблизно 20 см від зовнішньої стіни. Таким чином

частина теплового потоку від радіаторів витрачається на прогрів стіни.

Найпростіший спосіб збільшення температури в приміщеннях на кілька градусів - використання тепловідбиваючого матеріалу. Для збільшення тепловіддачі за батареї поміщають теплоізоляційний рефлектор завтовшки 5 – 7 мм з поверхнею із фольги (наприклад, пінофол, пінопропілен). Наведений матеріал є самоклеючим.

Тепловідбиваючий матеріал з поверхнею із фольги перешкоджає нагріванню стіни та підвищує температуру у приміщенні на 2 – 3 градуси без додаткових витрат на збільшення температури теплоносія.

На рисунку 3.10 наведений зовнішній вигляд теплоізоляційного рефлектора.

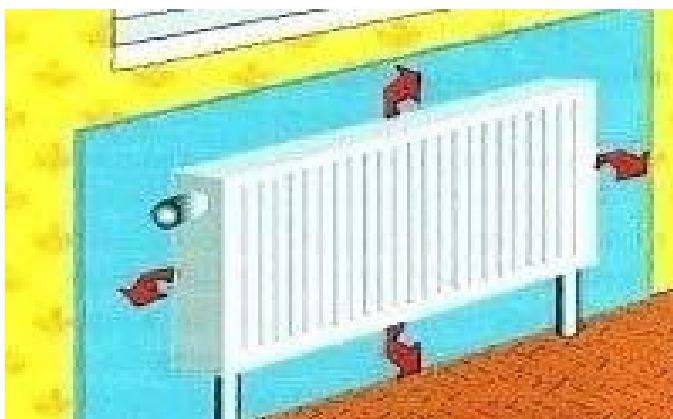


Рисунок 3.10 – Зовнішній вигляд теплоізоляційного рефлектора

Результати розрахунку економічних показників реалізації заходу приведено в таблиці 3.21.

Додаткова інформація

До проєкту часткової модернізації системи опалення входять наступні заходи: встановлення регулятора теплового потоку та балансування системи опалення.

Детальний опис наведених заходів приведено вище. Результати розрахунку економічних показників реалізації заходу з часткової модернізації системи опалення приведено в таблиці нижче таблиця 3.22.

Таблиця 3.21 – Результати розрахунку економічних показників реалізації заходу

Розрахунок економії (за допомогою ENSI® EAB Software)		
Економія енергії:		
Теплової енергії на опалення: 15,53		кВт·г/м²рік
·Опалювальна площа	1 573 м² = 24 430	кВт·г /рік
·Вартість ТЕ	0,62 грн /кВт·г = 15 147	грн/рік
Інвестиції:		
Розробка/Планування	27 134	грн
Управління Проектом	6 783	грн
Обладнання	220 460	грн
Встановлення	84 792	грн
Продовження таблиці 3.21		
Всього інвестицій	339 169	грн
Чиста економія	15 147	грн/рік
Простий строк окупності	22,4	років
Дисконтований строк окупності	10,6	років
Внутрішня норма рентабельності (IRR)	0	
Чиста приведена вартість (NPV)	-201 211	грн
Коефіцієнт чистої приведеної вартості (NPVQ)	-0,59	

Таблиця 3.22 - Результати розрахунку економічних показників

Розрахунок економії (за допомогою ENSI® EAB Software)		
Економія енергії:		
Теплової енергії на опалення: 16,53		кВт·г/м²рік
·Опалювальна площа	1 573 м² = 25 996	кВт·г/рік
·Вартість ТЕ	0,62 грн /кВт·г = 16 118	грн/рік
Інвестиції:		
Розробка/Планування	9 434	грн
Управління Проектом	2 358	грн
Обладнання	76 651	грн
Встановлення	29 481	грн
Всього інвестицій	117 924	грн
Чиста економія	16 118	грн/рік
Простий строк окупності	7,3	років
Дисконтований строк окупності	10,6	років
Внутрішня норма рентабельності (IRR)	10,7	
Чиста приведена вартість (NPV)	28 877	грн
Коефіцієнт чистої приведеної вартості (NPVQ)	0,24	

Захід №2. Модернізація фасаду Існуюча ситуація

Стіни будівлі цегляні, в задовільному стані.

Середнє значення опору теплопередачі існуючих стін складає

$R = 0,77 \text{ м}^2\text{К/Вт}$, що не відповідає нормативному показнику для II

температурної зони експлуатації будинку $R = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Опис заходу:

В якості переваг при утепленні фасаду виступають наступні аспекти:

- економічний – зменшення енергозатрат на опалення приміщень приблизно на 30%;

- соціальний аспект – збільшення комфорту приміщень (відсутність плісняви, грибку, нормальний режим вологості у приміщенні, тощо).

Зовнішня теплоізоляція фасаду будівлі забезпечить: відповідність мікроклімату внутрішніх приміщень вимогам діючих на території України теплотехнічних параметрів;

- зменшення витрат енергії на створення потрібних параметрів мікроклімату внутрішніх приміщень;

- стабілізацію теплового режиму у внутрішніх приміщеннях протягом різних пір року;

- швидкий прогрів в період опалювального сезону та швидке охолодження в літній період року повітря внутрішніх приміщень;

- краще збереження будівлі за рахунок зменшення деформацій конструкцій, що викликаються різкими перепадами температури зовнішнього середовища, а також за рахунок забезпечення захисту від корозії зовнішніх огорожувальних конструкцій;

- покращення зовнішнього вигляду фасаду будівлі, що раніше експлуатувалися протягом тривалого часу.

Всі системи фасадні теплоізоляційно-оздоблювальні (далі СФТО), які використовуються в будівельній галузі України можна розподілити на три групи – А, Б, В:

Група А – СФТО не вентильовані з мокрими процесами, тобто штукатурками.

Група Б – СФТО не вентильовані з личкуванням цеглою.

Група В – СФТО вентильовані з індустриальними личкувальними елементами.

В проєкті розглядається СФТО групи В, як оптимальна за експлуатаційними, теплоізоляційними та вартісними показниками. На ринку будівельних матеріалів представлений широкий вибір так званих «вентильованих фасадів».

Беручи до уваги те, що нормативні вимоги щодо тепловитрат на опалення в Україні значно перевищують Європейські стандарти, в проєкті була обрана тепла ізоляція товщиною 200 мм. Таким чином були враховані загальноєвропейські тенденції в сфері утеплення фасадів будинків.

На рисунку 3.11 наведений зовнішній вигляд після проведення термомодернізації будівлі. На рисунку 3.12 наведена схема утеплення стін за методом «керамічний вентильований фасад».



Рисунок 3.11 – Зовнішній вигляд будівлі ЗОШ №109 м. Запоріжжя

Результати розрахунку економічних показників реалізації заходу приведено в таблиці нижче.



Рисунок 3.12 – Утеплення стін за методом «керамічний вентильований фасад»

Розрахунок ефективності впровадження заходу виконано на прикладі СФТО «Сканрок». Товщина теплоізоляційного шару передбачається $\delta_{iz} = 200$ мм, що забезпечить значення опору теплопередачі $R = 4,8$ м²К/Вт. Впровадження ЕЕ заходу дозволить зменшити втрати теплової енергії через стіни на 60% у порівнянні з існуючими втратами.

Загальна площа фасаду, що підлягає утепленню, складає 786 м². Вартість системи залежить від складності проекту та витрат матеріалів, що більш детально визначається на етапі робочого проектування. Орієнтовна вартість встановлення СФТО, що отримана у представників компанії-виробника в якості комерційної пропозиції, приведена в таблиці 3.23.

Таблиця 3.23 – Орієнтовна вартість СФТО «Сканрок», грн.

№	Матеріал	Од. вим.	Ціна за од., грн без ПДВ	Витрати матеріал у на 1м² фасаду	Загальна вартість, грн/м² (без ПДВ)
1	Камінь «СКАНРОК», стандартні кольори 600x100x30 мм	м²	145,42	1,1	159,96
2	Направляючий профіль (куток спеціальний "Маунтинг- райлс" - вертикальний)	м.п.	15,33	4,5	69,00
3	Z-профіль (куток спеціальний "Стилстаде новий" - горизонтальний)	м.п.	20,19	2,2	44,42
4	Кутки фасонні "Дистанція" – консоль	шт.	8,41	4	33,63
5	Дюбеля Hilti (для кріплення в основу)	шт.	2,67	4	10,67
6	Саморізи Hilti S-MDO1Z 4.8x13 (для кріплення вертикалі)	шт.	0,13	12	1,60
7	Саморізи Hilti S-MDO1Z 6.3x19 (для кріплення Z-профілю до консолі)	шт.	0,38	7	2,63
8	Утеплювач Техновент Стандарт (80 кг/м³, 200 мм)	м²	133,25	1,03	107,64
9	Вітробар'єр Juta	м²	5,75	1	5,75
10	Віконні обрамлення, розгортка, орієнтовний розрахунок (матеріал + робота + монтаж)	м.п.	87,5	0,22	19,25
11	Монтажні роботи / шефмонтаж.	м²	135,42	1	135,42
12	Робочий проект обличування фасаду будівлі	м²	20,00	1	20,00
	Загалом приблизна вартість системи утеплення з каменем «СКАНРОК»	грн/ м²			609,95

Результати розрахунку економічних показників реалізації заходу приведено в таблиці 3.24.

Таблиця 3.24 – Результати розрахунку економічних показників

Розрахунок економії (за допомогою ENSI® EAB Software)			
Економія енергії:	Теплової енергії на опалення	:	кВт·г/м²рі
· Опалювальна площа	1 573 м²	=	52,6 к
· Вартість ТЕ	0,62 грн /кВт·г	=	5 кВт·г
		82 821	г
		51 349	/рік
			грн/рік
Інвестиції:			
Розробка/Планування		38 332	грн
Управління Проектом		9 583	грн
Обладнання		311 444	грн
Встановлення		119 786	грн
Всього інвестицій		479 145	грн
Чиста економія		51 349	грн/рік
Простий строк окупності		9,3	років
Дисконтований строк окупності		15,7	років
Внутрішня норма рентабельності (IRR)		10,5	
Чиста приведена вартість (NPV)		205 425	грн
Коефіцієнт чистої приведеної вартості (NPVQ)		0,43	

Захід №3. Модернізація дахового перекриття Існуюча ситуація

Дах плоский з м'яким покриттям. Покриття місцями пошкоджене. В 2022 про водився ремонт (відновлення цілісності гідроізоляції). Утеплення не проводилось.

Дах в задовільному стані.

Середнє значення опору теплопередачі $R = 1,3 \text{ м}^2\text{K/Вт}$.

Опис заходу. Утеплення даху грає значну роль в підвищенні комфортності приміщення, поліпшенні його мікроклімату. Крім того, правильно підібрана теплоізоляція збільшує термічний опір захисної конструкції, що дозволяє знизити витрати на опалення за рахунок зменшення тепловтрат.

Заходом передбачається утеплення даху плитами з базальтової мінераловати. Для запобігання проникненню пари з житлових приміщень в підпокрівельний простір планується прокласти пароізоляційний шар. Таким

чином, структура утеплення наступна: паробар'єр, утеплювач, гідробар'єр.

Структура утеплення дахового перекриття приведена на рисунку 3.13.

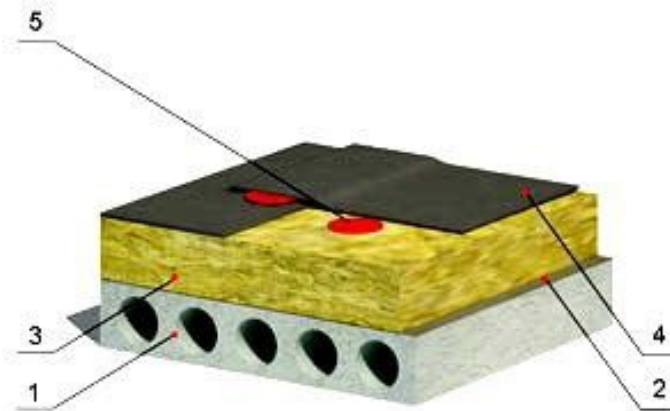


Рисунок 3.13 – Структура утеплення дахового перекриття:

1 – Плита перекриття даху; 2 – Пароізоляція даху; 3 – Утеплювач для даху; 4 – Гідроізоляція даху; 5 – Телескопічне покрівельне кріплення

Товщина теплоізоляційного шару передбачається $\delta_{iz} = 100$ мм, що забезпечить значення опору теплопередачі $R_{cp} = 2,94$ м²К/Вт.

Вартість реалізації заходу залежить від складності проекту та витрат матеріалів, що більш детально визначається на етапі робочого проектування.

Загальна площа поверхні, що підлягає утепленню, складає 787 м².

Таблиця 3.25 – Результати розрахунку кономічних показників реалізації заходу

Розрахунок економії (за допомогою ENSI® EAB Software)					
Економія енергії:	Теплова енергія на опалення:	21,5		кВт·г/м²рік	
·Опалювальна площа	1 573 м²	=	33 816	кВт·г	/рік
·Вартість ТЕ	0,62 грн/кВт·г	=	20 966	грн/рік	
Інвестиції:					
Розробка/Планування		19 218		грн	
Управління Проєктом		4 805		грн	
Обладнання		156 150		грн	
Встановлення		60 058		грн	
Всього інвестицій		240 320		грн	
Чиста економія		20 966		грн/рік	

Простий строк окупності	11,5	років
Дисконтований строк окупності	24,0	років
Внутрішня норма рентабельності (IRR)	8,4	
Чиста приведена вартість (NPV)	39 193	грн
Коефіцієнт чистої приведеної вартості (NPVQ)	0,16	

Захід №4. Модернізація підвального перекриття Існуюча ситуація

Стан технічного підпілля оцінюється як задовільний. Утеплення перекриття не здійснювалось.

Середнє значення опору теплопередачі $R = 1,9 \text{ м}^2\text{К/Вт}$. Опис заходу

Утеплення виконується зі сторони технічного підпілля. При утепленні підвального перекриття рекомендовано використовувати пошарову систему утеплення.

Приклад утеплення перекриття зі сторони підвалу приведено на рисунку 3.13.



Рисунок 3.13 – Приклад утеплення перекриття зі сторони підвалу

Розрахунок ефективності впровадження заходу виконано на прикладі застосування в якості теплоізоляційного матеріалу плит з базальтової мінераловати, товщиною $\delta_{\text{із}} = 70 \text{ мм}$, що забезпечить значення опору теплопередачі $R = 3,6 \text{ м}^2\text{К/Вт}$.

Загальна площа поверхні, що підлягає утепленню, складає 193 м^2 .

Вартість реалізації заходу залежить від складності проєкту та витрат матеріалів, що більш детально визначається на етапі робочого проєктування.

Орієнтовна вартість утеплення підвального перекриття, що отримана у представників компанії-виробника в якості комерційної пропозиції, приведена в таблиці 3.26.

Таблиця 3.26 - Орієнтовна вартість утеплення підвального перекриття

№	Матеріал	Од. вим.	Ціна за од., грн без ПДВ	Витрати матеріалу на 1м ² фасаду	Загальна вартість, грн/м ² (без ПДВ)
1	Клеючий розчин Ceresit CT 80	кг	2,18	5,0	10,88
2	Мінераловатні плити, (70 мм, 125 кг/м ³)	м ²	49,98	1,0	49,98
3	Розчин Ceresit CT 80 - перший шар	кг	2,69	2,0	5,38
4	Сітка з скловолокна з спеціальною пропиткою	м ²	8,33	1,1	9,17
5	Розчин Ceresit CT 80 - другий шар	кг	2,69	2,0	5,38
6	Фарба ґрунтуюча Ceresit CT 16	л	12,49	0,3	3,75
7	Декоративний шар штукатурки Ceresit CT 35	кг	3,38	4,0	13,53
8	Роботи з монтажу	м ²	108,3	1,0	108,33
					206,40

Захід №5. Заміна вікон та балконних блоків Існуюча ситуація

Будівля характеризується значною кількістю вікон великого розміру. Основна частка вікон в будівлі – з дерев'яними рамами, що мають значний строк експлуатації, відхилення в конструкції (дерев'яні рами вікон розсохлися, утворені значні щілини) та низький опір теплопередачі. Лише 1% площі вікон в закладі замінено на металопластикові, із застосуванням енергоефективного типу склопакету, опір теплопередачі якого $R = 0,61 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Середнє значення опору теплопередачі існуючих вікон складає $R = 0,36 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що не відповідає відповідному нормативному показнику для II температурної зони експлуатації будинку $R = 0,56 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ [1].

Опис заходу

Найбільші втрати тепла відбуваються через старі вікна великих та середніх розмірів. Через незадовільний стан, рекомендується замінити існуючі вікна на металопластикові енергозберігаючі. Також проєктом передбачається заміна встановлених звичайних склопакетів в

металопластикових вікнах на енергозберігаючі.

Розрахунок ефективності впровадження енергозберігаючого заходу виконаний на прикладі використання енергоефективних вікон виробництва компанії «Віконда».

Сучасне вікно складається з профільної системи та склопакету. Порівняльна характеристика пропонованих профільних систем наведена в таблиці 3.27.

Таблиця 3.27 - Порівняльні характеристики профільних систем

№	Показник	Віконда КЛАСИК	Віконда КОТЕДЖ
1	Кількість камер	3	6
2	Монтажна глибина	60 мм	82 мм
3	Опір теплопередачі	$R = 0,71 \text{ м}^2\text{К/Вт}$	$R = 0,85 \text{ м}^2\text{К/Вт}$

На рисунку 3.14 наведена віконна система типу «Віконда КОТЕДЖ»

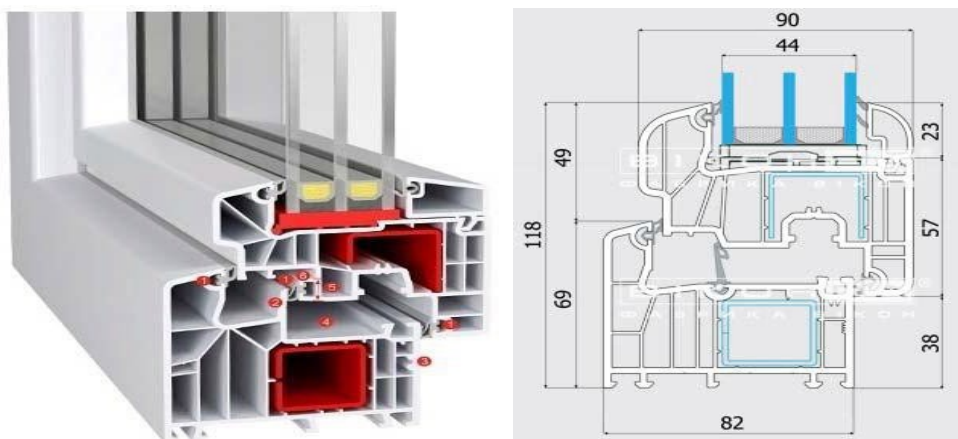


Рисунок 3.14 – Віконна система типу «Віконда КОТЕДЖ»

Задля забезпечення максимального енергозбереження рекомендується встановлення віконної системи типу «Віконда КОТЕДЖ» з енергозберігаючим двокамерним склопакетом з пластиковими дистанційними рамками (рисунок 3.15).

Енергозберігаючі склопакети виробляють зі скла з напиленням іонів срібла (і-скло) та наповненням камер склопакету інертним газом аргоном.

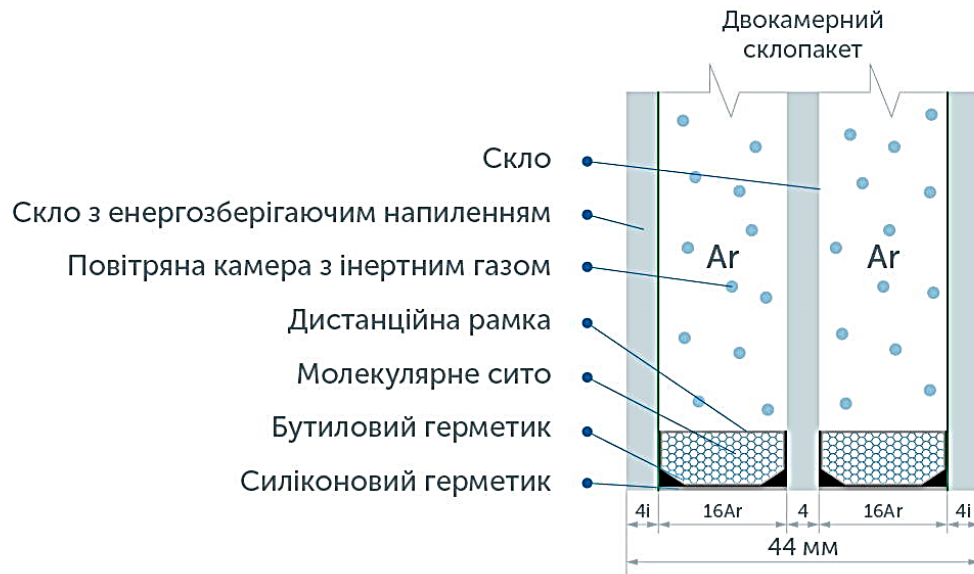


Рисунок 3.15 – Енергозберігаючий склопакет

Формула енергозберігаючого склопакету – 4i-16Ar-4-16Ar-4i; опір теплопередачі $R=1,2 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Таблиця 3.28 - Порівняльні характеристики склопакетів.

Тип склопакету	Формула склопакету	Опір теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$	Світлопроникність, %	Сонячний фактор, %	Індекс звукоізоляції, дБ
Однокамерний склопакет	4-16-4	0,32	83	79	30
TERMO tech	4-16п-4i	0,62	78	60	30
TERMO tech euro	4i-16Ar-4-16Ar-4i	1,2	69	54	32

Середньозважений опір теплопередачі вікна розрахований згідно формули 3.1

$$R_{np} = \frac{F_{cn} + \sum_{i=1}^n F_i}{\frac{F_{cn}}{R_{\Sigma cn}} + \sum_{i=1}^n \frac{F_i}{R_{\Sigma i}}}, \quad (3.1)$$

де F_{cn} – площа світлопрозорої частини, м^2 ;

$R\Sigma i$, F_i – опір теплопередачі та площа i -го непрозорого елементу. Середньозважений опір теплопередачі віконного блоку становитиме $R=0,97 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$.

Остаточний вибір типу енергозберігаючого склопакету відбудеться на етапі робочого проектування. Для розрахунку ефективності впровадження заходу проектом передбачається встановлення віконної системи типу «Віконда КОТЕДЖ» з двокамерним енергозберігаючим склопакетом типу TERMO tech euro. Вартість вікна, в залежності від розміру та функціональних можливостей отримана у представників компанії-виробника в якості комерційної пропозиції.

Таблиця 3.29 - Орієнтовна вартість вікон, грн., двокамерний склопакет, профіль «Віконда КОТЕДЖ»

Розміри вікна	TERMO tech euro	CLIMA tech euro	ISO tech euro	MULTI tech euro
1,3x1,4	1 995	2 119	2 545	2 808
2,1x1,4	2 864	3 089	3 823	4 278
б/б (балконний блок)	3 098	3 317	4 072	4 534

В рамках реалізації заходу додатково передбачається заміна встановлених звичайних склопакетів в металопластикових вікнах на однокамерні енергозберігаючі склопакети TERMO tech.

Конструкції будівель і споруд. [1]– 4-16п-4і; опір теплопередачі $R=0,62 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$. Середньозважений опір теплопередачі віконного блоку становитиме $R=0,6 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}$ Загальна площа вікон з дерев'яними рамами, що підлягає заміні, складає 227 м^2 , балконних блоків – 28 м^2 . Площа заміни склопакетів існуючих металопластикових вікон – 3 м^2 (Табл. 3.30).

Таблиця 3.30 - Результати розрахунку економічних показників реалізації заходу

Розрахунок економії (за допомогою ENSI® EAB Software)				
Економія енергії:	Теплової енергії на опалення: 25,36			кВт·г/м²рік
Опалювальна площа	1 573	м²	=	39 884 кВт·г /рік
Вартість ТЕ	0,62	грн/кВт·г	=	24 728 грн/рік
Інвестиції:				
Розробка/Планування	30 658			грн
Управління Проектом	7 664			грн
Обладнання	249 094			грн
Встановлення	95 805			грн
Всього інвестицій	383 222			грн
Чиста економія	24 728			грн/рік
Простий строк окупності	15,5			років
Дисконтований строк окупності	99			років
Внутрішня норма рентабельності (IRR)	4,9			
Чиста приведена вартість (NPV)	-76 371			грн
Коефіцієнт чистої приведеної вартості (NPVQ)	-0,2			

Захід №6. Часткова модернізація системи вентиляції

В будівлі передбачена природно-витяжна система вентиляції з природним спонуканням. Приплив повітря забезпечується через вікна та нещільності в дверях, видалення – за рахунок різниці тисків через вентиляційні канали, що виходять на дах. В приміщеннях спеціального призначення (кухня, пральня тощо) за проектом передбачена окрема система вентиляції.

Така організація системи вентиляції будинку призводить до втрат теплової енергії порядку 20-30% від загальних, що не забезпечує достатнього рівня енергозбереження в будівлі.

Опис заходу

При заміні вікон та утепленні фасаду будівлі гостро стане питання щодо забезпечення нормованого повітрообміну в закладі. Через герметичність енергозберігаючих вікон існуюча система вентиляції працювати не буде.

Для забезпечення нормованого повітрообміну, який відповідає санітарно-гігієнічним нормам, в приміщеннях з природною вентиляцією, де постійно перебувають люди, пропонується встановити локальні пристрої вентиляції з рекуператорами теплоти.

Локальна припливно-витяжна система вентиляції, монтується в верхній частині стіни, яка граничить із зовнішнім середовищем.

Вентиляція приміщень відбувається за рахунок того, що система відбирає повітря з приміщення та скидає його на зовні, одночасно з чим примусово нагнітає свіже повітря до приміщення. При цьому повітряні потоки розділені між собою. За рахунок проходження повітряних потоків через систему мідних теплообмінників, розташованих всередині робочого модуля, тепле витяжне повітря віддає своє тепло холодному припливному.

Таким чином здійснюється ефективний повітрообмін приміщень (квартир) та забезпечується, завдяки рекуперації, енергозберігаючий ефект – приплив свіжого повітря без порушення теплового комфорту.

Коли вентиляція працює в літній період, в рекуператорі відбувається зворотній процес – кондиціювання.

Підключення вентиляційної установки здійснюється до стаціонарної мережі зі змінним струмом, напругою 220 В та частотою 50 Гц.

Основні переваги децентралізованої системи вентиляції:

- економія теплової енергії;
- компактні габарити;
- швидкість та легкість монтажу;
- відсутність витратних матеріалів;
- легкість та простота в управлінні та обслуговуванні;
- можливість перевести роботу системи в безшумний нічний режим.

На рисунку 3.16 наведено приклад децентралізованої системи вентиляції.

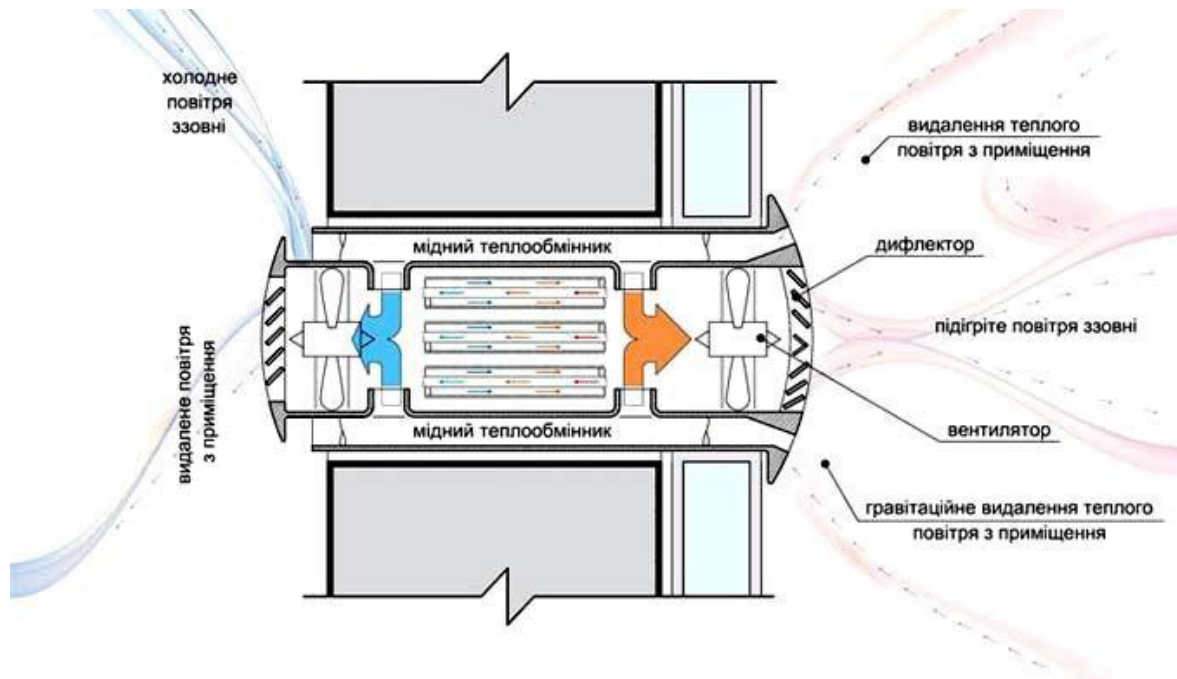


Рисунок 3.16 – Схема децентралізованої системи вентиляції типу Прана

Таблиця 3.31 - Характеристики модельного ряду децентралізованої системи вентиляції типу Прана

Найменування	Діаметр корпусу робочого модулю, мм	ККД, %	Добове споживання електроенергії, кВт·год	Об'єми повітрообміну при рекуперації, м ³ /год		
				приток	виток	ніч
Децентралізована система вентиляції «Прана-150»	150	67	0,007 – 0,032	125	115	25
Децентралізована система вентиляції «Прана-200G»	200	74	0,007 – 0,032	135	125	25
Децентралізована система вентиляції «Прана-340A»	340	54-78	0,030 – 0,110	540	520	-

Розрахунок ефективності впровадження енергозберігаючого заходу виконаний на прикладі «Прана-200G» (діаметр робочого модуля 200 мм) з розрахунку один пристрій на площу приміщення до 60 м².

Середньодобове споживання електроенергії одним пристроєм децентралізованої системи вентиляції складатиме 0,024 кВт·год.

Остаточний вибір обладнання децентралізованої вентиляційної системи повинен відбутися на стадії робочого проектування.

Таблиця 3.32 - Результати розрахунку економічних показників реалізації заходу

Розрахунок економії (за допомогою ENSI® EAB Software)			
Економія енергії:	Теплова енергія:	32 885	кВт·г/ рік
Вартість ТЕ	062 грн/кВт·г =	20 389	грн/рік
Інвестиції:			
Розробка/Планування		6 907	грн
Управління Проектом		1 727	грн
Обладнання		56 118	грн
Встановлення		21 584	грн
Всього інвестицій		86 336	грн
ЕіО видатки на рік		1 697	грн/рік
Чиста економія		18 692	грн/рік
Простий строк окупності		4,6	років
Дисконтований строк окупності		5,8	років
Внутрішня норма рентабельності (IRR)		20,3	
Чиста приведена вартість (NPV)		83 909	грн
Коефіцієнт чистої приведеної вартості (NPVQ)		0,97	

Захід №7. Модернізація системи освітлення. Опис існуючого стану

Система освітлення закладу складається переважно з ламп розжарювання (153 шт.), що мають досить високий рівень енергоспоживання – 68% від загального споживання на освітлення, низьку світловіддачу та короткий термін служби.

Опис заходу

Світлодіодне освітлення – альтернативна технологія штучного освітлення, що заснована на використанні світлодіодів в якості джерела світла. Це новий вид освітлення, принцип та робота якого, кардинальним чином відрізняється від інших.

Заходом пропонується модернізація системи внутрішнього освітлення шляхом заміни ламп розжарювання, що встановлені в коридорах, кабінетах та підсобних приміщеннях (за винятком приміщень, де перебувають діти) світлодіодними лампами. Кількість ламп, що підлягає заміні – 92 шт.

Економічний ефект проекту забезпечується за рахунок зниження

витрат на оплату електроенергії, що споживається існуючою системою освітлення. Також додатковим ефектом є покращення якості освітлення.

Переваги освітлення на основі світлодіодних ламп.

Економія: при однакових параметрах світлового потоку, споживання електричної енергії світлодіодною лампою в 10 разів менше, ніж у лампи розжарювання, та більш ніж в 2 рази менше, ніж у люмінесцентної лампи.

Якість світла: за допомогою світлодіодної лампи створюється потік світла найбільш приближений до сонячного, природного освітлення. В світлодіодній лампі відсутній ефект мерехтіння, що не викликає втоми очей.

Екологічна чистота. Робоче середовище сучасних енергозберігаючих ламп заповнюється парами ртуті. Світлодіоди не містять ртуті та є безпечними для зовнішнього середовища.

Такі лампи безпечні та прості у використанні, зберіганні, транспортуванні та утилізації.

Термін роботи. Термін експлуатації світлодіодної лампи складає приблизно 50000 годин.

Внаслідок чого час роботи світлодіодних ламп складає :

- при 6 годинах на добу = 22,8 років;
- при 12 годинах на добу = 11,4 років;
- при 24 годинах на добу = 5,7 років.

Установка світлодіодної лампи не потребує регулярної роботи по заміні не тільки самої лампи, але й пускових пристроїв.

Механічна міцність. Лампи розжарювання та люмінесцентні лампи мають в своїй конструкції тонкі вольфрамові нитки розжарювання, при механічних коливаннях (удари, тряски) нитка обривається, що призводить до втрати працездатності лампи. Світлодіодна лампа стійка до подібних механічних втручань та не має в своїй конструкції крихкого скла.

Температурний режим. Світлодіодна лампа включається при температурі зовнішнього середовища від +40 до -25 °C. Це дозволяє використовувати лампу в приміщеннях з низькою температурою та на вулиці.

Стійкість до перепадів напруги: напруга в сучасних електричних мережах не стабільна та складається з постійних комутаційних перешкод, що викликають перепади напруги. В порівнянні з люмінесцентною лампою світлодіодна лампа, в силу свого устрою, практично не чутлива до зміни напруги живлення.

Простота установки. Світлодіодна лампа не потребує для своєї роботи додаткових пускових пристроїв, які необхідні для роботи люмінесцентної лампи (дросель, стартер, конденсатор).

Недоліки освітлення на основі світлодіодних ламп: світлодіодні лампи «прямої заміни» ламп розжарювання по прийнятній ціні та якісним характеристикам на даний момент відсутні. Недостатньо вивчені біологічний вплив нових джерел світла.

Наприклад, недопустиме застосування світлодіодних світильників з картельованою колірною температурою понад 3500 К в палатах інтенсивної терапії, в кабінах машиністів, в дитячих і шкільних закладах через спектральний склад світла («синя небезпека»).

Таблиця 3.33 – Результати розрахунку економічних показників реалізації заходу

Розрахунок економії		
Економія енергії:	Електрична енергія: 5746	кВт·г/ рік
Вартість ЕЕ	0,95 грн/кВт·г =	5 441 грн/рік
Інвестиції: Розробка/Планування		
Управління Проектом Обладнання	789	грн
Встановлення	197	грн
	6 409	грн
	2 465	грн
Всього інвестицій	9 860	грн
Чиста економія	5 441	грн/рік
Простий строк окупності	1,8	років
Дисконтований строк окупності	2,0	років
Внутрішня норма рентабельності (IRR)	55,2	
Чиста приведена вартість (NPV)	47 782	грн
Коефіцієнт чистої приведеної вартості (NPVQ)	4,85	

3.11 Енергетичний баланс

Споживання енергії «до» та «після» впровадження енергоефективних заходів підсумовані в наступних таблицях 3.34-3.35.

Таблиця 3.34 - Річне енергоспоживання «до» та «після» впровадження енергоефективних заходів

Стаття бюджету витрат енергії	До ЕЕ заходів		Після ЕЕ заходів	
	Фактичне енергоспоживання	Базове енергоспоживання	Пакет № 1	Пакет № 2
	тис. кВт·год/рік			
Опалення	273	305	207	88
ГВП	30	30	30	30
Освітлення		14	9	9
Інше обладнання	46	31	31	31
Всього	349	380	276	158

Таблиця 3.35 - Питоме енергоспоживання «до» та «після» впровадження енергоефективних заходів

Стаття бюджету витрат енергії	До ЕЕ заходів		Після ЕЕ заходів	
	Фактичне енергоспоживання	Базове енергоспоживання	Пакет № 1	Пакет № 2
	кВт·год/м²рік			
Опалення	174	194	131	56
ГВП	19	19	19	19
Освітлення	29	9	6	6
Інше обладнання		19	19	19
Всього	222	242	176	100

3.12 Впровадження та організація

Реалізація проєкту повинна здійснюватися в 4 етапи:

- розробка робочого проєкту модернізації існуючої будівлі;
- придбання встаткування і матеріалів;
- монтажні роботи;
- налагодження встаткування та введення в експлуатацію.

На першому етапі здійснюється виконання проєктних робіт з модернізації існуючої будівлі починаючи з розробки ТЕО та технічного завдання на проєктування.

Виконується вибір постачальників матеріалів, надходять комерційні пропозиції виробників, формуються замовлені специфікації, складається кошторисна документація.

На другому етапі здійснюється придбання енергозберігаючих вікон, радіаторів допоміжного устаткування; матеріалів для утеплення фасаду, підвального перекриття та горища; вибір генпідрядника на виконання робіт.

На третьому етапі здійснюється модернізація існуючої будівлі, демонтаж старих вікон, радіаторів, заміна обладнання абонентського введення будівлі, монтаж енергозберігаючих вікон та монтаж радіаторних систем. Виконуються роботи по утепленню фасаду, підвального перекриття та горища, зовнішнє оздоблення захисним матеріалом.

На четвертому етапі виконуються налагоджувальні роботи випробування нових радіаторів на міцність, проводиться тепловізійна зйомка об'єкту в опалювальний період, здача об'єкту в експлуатацію.

Інвестиційний план, що включає склад і зміст основних етапів робіт, вартість капвкладень, наведено в таблиці 3.46.

Таблиця 3.36 - Інвестиційний план

№ етапу	Найменування робіт	Строк (міс.)	Вартість (грн.)	Виконавець
1	<i>Проектні роботи</i>			
	Розробка проектної документації	3	157 773	Підрядник
	<i>У тому числі:</i>			
	облаштування "керамічного вентилязованого фасаду"			
	облаштування даху			
	модернізація системи опалення			
	утеплення даху			
	утеплення підвального перекриття			
2	<i>Поставка матеріалів та устаткування</i>			
	Поставка матеріалів	2	1 104 409	Підрядник
	<i>У тому числі:</i>			
	поставка біметалічних радіаторів			
	поставка енергозберігаючих вікон			
	поставка матеріалів для утеплення даху			
	поставка матеріалів для утеплення фасаду			
	поставка матеріалів для утеплення підвального перекриття			
3	<i>Монтажні роботи</i>			
	Монтажні роботи	6	236 659	Підрядник
	<i>У тому числі:</i>			
	демонтаж існуючих вікон			
	демонтаж існуючих радіаторів			
	встановлення енергозберігаючих вікон			
	встановлення біметалічних радіаторів			
	підготовчі роботи перед утепленням даху			
	підготовчі роботи перед утепленням фасаду			
	підготовчі роботи перед утепленням підвального перекриття			
	укладання шару утеплювача			
	зовнішнє оздоблення захисним матеріалом			
4	<i>Пуско-налагоджувальні роботи</i>			
	Пуско-налагоджувальні роботи	1	78 886	Підрядник
	<i>У тому числі:</i>			
	випробовування нових радіаторів на міцність			
	тепловізійна зйомка будівлі в опалювальний період			
	здача об'єкту в експлуатацію			
	Усього	12	1 577 727	Підрядник

ВИСНОВКИ

Проаналізувавши ефективність використання електричної енергії в дитячому садочку, виявилось, що суттєвими споживачами є освітлення та електричні плити. Потенціал енергозбереження електричних плит невеликий, так як їх роботу складно оптимізувати, а змінювати обладнання немає сенсу, так як воно відносно нове. Освітлення здійснюється лампами розжарювання потужністю 80 Вт. Як заходи з енергозбереження було запропоновано: періодичне очищення світильників, заміна ламп на більш енергоефективні, встановлення датчиків руху. Сумарно з заходів вдалося досягти економії в 36333,6 кВт*год або 93598,217 грн/рік.

В результаті визначення рівня енергетичної будівлі було визначено тепловтрати, визначено що найбільші втрати через вікна та дах. Було визначено приведену до нормативних умов значення споживання теплової енергії. На основі виявлених проблем було запропоновано заходи з енергозбереження, а саме: утеплення трубопроводів, заміна вікон, утеплення даху, утеплення дверей. Реалізація даних заходів принесе сумарну економію теплової енергії в розмірі 305,572 Гкал/рік, або в гривнях – 541110,734 грн/рік.

В результаті інструментального тепловізійного обстеження будівлі було отримано інформацію про існуючі конструкційні дефекти будівлі, внаслідок яких відбуваються втрати теплової енергії, а саме:

Втрати теплової енергії через віконні конструкції.

Будівля має 94 вікна та 8 балконних блоків. Під час тепловізійної зйомки було обстежено 40 вікон. В результаті аналізу даних обстеження було виявлено, що 95 - 98% вікон мають дефекти внаслідок яких відбуваються втрати теплової енергії.

Виявлені дефекти під час обстеження віконних конструкцій будівлі:

– втрати теплової енергії з теплопередачею. Встановлені дерев'яні та металопластикові вікна не є енергоефективними;

– втрати теплової енергії через нещільності віконних конструкцій.

Щілини між ущільнювачем рам та стулками складають до 5 мм;

– вузли віконних зливів створюють мостики холоду, що викликає зниження температури нижньої частини віконних рам.

Втрати теплової енергії через огорожувальні конструкції, в місцях стиків панельних плит, перекриттів, в місцях встановлення опалювальних приладів.

Загальна площа стін будівлі складає 786 м². Під час тепловізійної зйомки було обстежено 45% загальної площі стін. В результаті обстеження було виявлено, що 42% стін мають дефекти внаслідок яких відбуваються втрати теплової енергії.

В результаті обстеження були виявлені наступні ділянки втрати теплоти:

- в місцях стиків панельних плит, перекриттів (8% від загальної площі стін);
- в місцях встановлення опалювальних приладів (20% від загальної площі стін);
- в місцях часткового руйнування фасаду, порушення ізоляції (2% від загальної площі стін);
- через цоколь будівлі, внаслідок підвищених теплових втрат з поверхні трубопроводів опалення, що прокладені в технічному підпіллі (12% від загальної площі стін).

Результати аналізу тепловізійної зйомки дозволяють зробити рекомендації оптимальних конструктивно-технологічних рішень та являються однією з підстав для вибору заходів щодо термомодернізації будівлі.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Теплова ізоляція будівель : [Чинні від 01.09.2022]. Київ : Укрархбудінформ, 2022. 65 с.
2. ДСТУ-Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. Київ : Мінрегіонбуд України, 2015. 145 с..
3. Про метрологію та метрологічну діяльність : Закон України № 1314-VII. Верховна Рада України. Офіц. вид. Київ : Парлам. вид-во, 2014. (Бібліотека офіційних видань).
4. ДБН В.2.5-39:2008. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі : [Чинний від 2008-12-09]. Київ : Мінрегіонбуд, 2009. 56 с.
5. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія : [Чинний від 2011-11-01]. Київ : Укрархбудінформ, 2011. 123 с.
6. ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання (ГОСТ 7.1-2003, IDT). [Чинний від 2007-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 47 с.
7. Про теплопостачання : Закон України № 2633-IV. Урядовий кур'єр. Офіц. вид. Київ, 2005. (Бібліотека офіційних видань).
8. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель : зі Зміною № 1 від 01.07.2013. [Чинний від 01.04.2007]. Київ : Мінбуд України, 2006. 70 с.
9. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні. На заміну ГОСТ 26629-85 ; чинний з 01.01.2013. Київ : НДІБК, 2011. 229 с.
10. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання

об'єктів цивільного призначення : зі Зміною № 64 від 15.02.2010. [Чинний від 01.10.2010]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 108 с.

11. Дешко В. І., Шовкалюк М. М., Шевченко О. М., Шовкалюк Ю. В. Аналіз нормативів споживання теплоти в Україні та світі. *Нова тема*. 2018. № 2. С. 6–10.

12. Фаренюк Г. Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій. Київ : Гама-Принт, 2019. 216 с.

13. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель : наказ Мінрегіону України від 11.07.2018 № 169. Офіційний вісник України. 2018. № 55. С. 301.

14. Про затвердження Порядку проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифіката : наказ Мінрегіону України від 11.07.2018 № 172. Офіційний вісник України. 2018. № 55. С. 334.

15. Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). *Official Journal of the European Communities*. 2010. № L153. P. 13–35.

16. ДСТУ Б EN 15217:2013. Енергетична ефективність будівель. Методи представлення енергетичних характеристик та енергетичної сертифікації будівель (EN 15217:2007, IDT). [Чинний від 2014-04-01]. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонрозвитку України, 2014. 44 с.

17. ДСТУ Б EN 15603:2013. Енергетична ефективність будівель. Загальне енергоспоживання та проведення енергетичної оцінки (EN 15603:2008, IDT). [Чинний від 01.01.2014]. Київ : Мінрегіонрозвитку України, 2014. 92 с.

18. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011. Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження (EN ISO 13790:2008, IDT). [Чинний від 01.07.2013]. Київ : Мінрегіонрозвитку України, 2013. 135 с.

19. Праховник А. В., Дешко В. І., Шевченко О. М. Енергетична сертифікація будівель. *Наукові вісті НТУУ «КПІ»*. 2011. № 1. С. 140–153.
20. КТМ 204 Україна 244-94. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових і громадських споруд та на господарсько-побутові потреби в Україні : [Чинний від 14.12.1993]. Вид. офіц. Київ, 1993. 189 с.
21. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель : [Чинний від 01.09.2022]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2022. 27 с.
22. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проєктування : [Чинний від 01.12.2018]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2018. 25 с.
23. ДСТУ 9190:2022. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання під час опалення, охолодження, вентиляції, освітлення та гарячого водопостачання : [Чинний від 01.03.2023]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2023. 156 с.
24. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія : [Чинний від 01.11.2011]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. 135 с.
25. ДСТУ-Н Б В.3.2-3:2014. Настанова з виконання термомодернізації житлових будинків : [Чинний від 01.10.2015]. Київ : Мінрегіон України, 2015. 67 с.
26. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII. Голос України. 2017. № 134. С. 18.
27. Державні будівельні норми : веб-сайт. URL: <https://dbn.co.ua> (дата звернення: 9.09.2025).
28. Державні будівельні норми : веб-сайт. URL: <https://dbn.co.ua> (дата звернення: 22.09.2025)
29. DISPLAY Campaign : веб-сайт. URL: <http://www.displaycampaign.org/doc/en/index.php> (дата звернення: 01.10.2025).

30. Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель : Наказ Мінрегіону від 27.10.2020 № 260. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20> (дата звернення: 5.10.2025).

31. Про затвердження Змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель : Наказ Мінрегіону від 27.10.2020 № 261. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1254-20> (дата звернення: 12.10.2025).

32. Портал державної електронної системи у сфері будівництва. URL: <https://e-construction.gov.ua/> (дата звернення: 21.10.2025).

33. Порадник користувача DISPLAY. URL: http://www.enefcities.org.ua/downloads/display/DISPLAY_USER_GUIDE_UA.pdf (дата звернення: 3.11.2025).