

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра теплотехніки

«Допущений до захисту»

В.о. завідувача кафедри

теплотехніки

к.т.н., доцент Г.О. Кобалава

«13» _____ 12 _____ 2024 р.



КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: «Термомодернізація будівлі закладу освіти застосуванням сучасних енергозберігаючих технологій»

Виконав: студент VI курсу, групи **6248м**
спеціальності

144 «Теплоенергетика»

(шифр і назва спеціальності)

«Енергетичний менеджмент»

(назва освітньо-професійної програми)

Палій В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник **Шаповалов Ю.О.**

(прізвище та ініціали)

Рецензент **Корнієнко В.С.**

(прізвище та ініціали)



Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

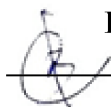
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет ХННІ НУК, енерготехнічний факультет
Кафедра Кафедра теплотехніки
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
(шифр і назва)
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

к.т.н., доц. Самохвалов В.С.



« 17 » 10 2024 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»**

здобувача **Палій Владислав Валерійович, група 6248м**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Термомодернізація будівлі закладу освіти застосуванням сучасних енергозберігаючих технологій»

керівник роботи Шаповалов Ю.О., к.т.н., професор НУК

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені розпорядженням директора ХННІ НУК від "17" жовтня 2024 року №10

2. Термін подання студентом роботи " 10 " грудня 2024 року.

3. Вихідні дані до роботи будівлі закладу освіти

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Вступ (Обґрунтування актуальності теми роботи).

1. Загальний розділ (Сучасний стан та аналіз систем енергоменеджменту та енергозбереження. Мета роботи).

2. Теоретичний розділ (Методологія наукового дослідження).

3. Розрахунковий розділ (Результати розробки системи енергетичного менеджменту для об'єкту дослідження).

4. Дослідницький розділ (Результати застосування системи енергетичного менеджменту з схемним рішенням та оцінка економічної ефективності заходів із енергозбереження).

5. Охорона навколишнього середовища та охорони праці.

Висновки.

Список використаних літературних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (Мета та задачі наукового дослідження (1-2 слайди), план розташування об'єкту дослідження (1-2 слайди), результати розробки системи енергетичного менеджменту (2-3 слайди), таблиця патентного пошуку (1 слайд), оцінка економічної ефективності заходів із енергозбереження (2-3 слайди), висновки (1 слайд).

6. Дата видачі завдання " 17 " 10 2024 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Отримання завдань у керівника та консультантів	17 жовтня	виконано
2.	Загальний розділ	до 27 жовтня	виконано
3.	Теоретичний розділ	до 07 листопада	виконано
4.	Розрахунковий розділ	до 15 листопада	виконано
5.	Дослідницький розділ	до 28 листопада	виконано
6.	Охорона навколишнього середовища та охорони праці	до 03 грудня	виконано
7.	Остаточне оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу; подання магістерської роботи на кафедру	до 10 грудня	виконано

Здобувач


(підпис)

Палій В.В

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Шаповалов Ю.О.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Палій В.В. Термомодернізація будівлі закладу освіти застосуванням сучасних енергозберігаючих технологій.

Магістерська робота на здобуття кваліфікації магістр за спеціальністю 144 – «Теплоенергетика» (освітня програма: «Енергетичний менеджмент»). Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Міністерства освіти і науки України, Херсон, 2024 р.

В роботі проведено дослідження з метою підвищення ефективності енергоспоживання в будівлі закладу освіти шляхом проведення енергетичного обстеження будівлі та впровадження енергозберігаючих технологій.

Проаналізовано інформацію щодо поточного стану будівлі та фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі за останні 3 роки, досліджено основні характеристики елементів огорожувальних конструкцій будівлі, проаналізовані дані щодо основних енергозберігаючих заходів (заміна старих вікон та дверей, підлоги, теплоізоляція будівлі, проведено експериментальні дослідження щодо виявлення фактичних тепловитрат, розроблено рекомендації щодо підвищення енергетичної ефективності експлуатації будівлі.

Ключові слова: термомодернізація, енергоефективність, заклад освіти, теплова ізоляція, опалення.

ABSTRACT

Palii V.V. Thermal Modernization of an Educational Institution Building by Using of Modern Energy-Saving Technologies.

Master's thesis for obtaining a master's degree in specialty 144 – "Heat Power Engineering" (educational program: "Energy Management"). – Kherson Educational and Scientific Institute, Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kherson, 2024.

A study with the aim of increasing the efficiency of energy consumption in a residential building by conducting an energy survey of the building and introducing energy-saving technologies.

The information on the current state of the building and the actual consumption of energy during the operation of the building for the last 3 years has been analyzed, the main characteristics of the elements of the building envelope have been investigated, data on the main energy-saving measures have been analyzed (replacement of old windows and doors, floor, thermal insulation of the building), experimental studies have been carried out to identify actual heat losses, and recommendations have been developed to improve the energy efficiency of the building operation.

Keywords: thermal modernization, energy efficiency, educational institution, thermal insulation, heating.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ.....	11
1.1 Енергоаудит будівель	11
1.2 Системи обліку теплоти, електроенергії, води.....	12
1.3 Організаційні заходи щодо енергозбереження.....	17
1.4 Підвищення енергоефективності будівель	20
1.5 Підвищення енергоефективності будівель власниками	23
1.6 Енергозберігаючі вікна - плюси та мінуси	39
1.7 Постановка мети та завдань дослідження.....	45
1.8 Висновки по розділу 1.....	46
2. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ	47
2.1 Тепловізійний контроль	47
2.2 Прилади та засоби контролю	52
2.3 Методи теоретичних досліджень	54
2.4 Висновки по розділу 2.....	58
3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ.....	59
3.1 Загальна характеристика та стан об'єкта дослідження	59
3.2 Обстеження огорожувальних конструкцій	60
3.3 Теплотехнічні та енергетичні показники будівлі.....	64
3.4 Тепловізійний контроль опалення. Карти дефектів.....	66
3.5 Аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі	72
3.6 Висновки по розділу 3.....	73
4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ.....	75
4.1 Оцінка витрат	75
4.2 Економічне обґрунтування варіантів термомодернізації.....	79
4.3 Оцінка фінансової ефективності	80
4.4 Висновки по розділу 4.....	81
5 Охорона навколишнього середовища та охорони праці	82
5.1 Техніка безпеки.....	82
5.2 Аналіз небезпечних факторів	85
5.3 Висновки по розділу 5.....	89
ВИСНОВКИ	90
ЛІТЕРАТУРА	91

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

БНіП – будівельні норми і правила

ГВП – гаряче водопостачання

ДБН – Державні будівельні норми

ІТП – індивідуальний тепловий пункт

ККД – коефіцієнт корисної дії

МКП – муніципальне комунальне підприємство

НВДЕ – нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси

СЕМ – система енергетичного менеджменту

СЦТ – система централізованого теплопостачання

ВСТУП

Актуальність. В останні роки значне підвищення вартості опалення та гарячого водопостачання стало важким фінансовим тягарем для багатьох сімей. Основною причиною цього зростають витрати на енергоносії — як теплові, так і електричні. Ці витрати багато в чому зумовлені особливостями проектування та будівництва старих будівель, зведених в епоху дешевих енергоносіїв, коли економія енергії не вважалася важливим пріоритетом. Сьогодні ситуація змінилася: вартість енергії значно зросла та продовжить зростати.

Для вирішення цієї проблеми необхідне впровадження енергоефективних технологій, а ключовим інструментом у цьому є термомодернізація будівель. Це комплекс заходів, спрямованих на значне зниження енергоспоживання, включаючи утеплення конструкцій, модернізацію інженерних систем та оптимізацію енергетичних витрат.

Одним із найважливіших завдань термомодернізації є покращення теплоізоляції. Це включає утеплення стін, дахів, підлог та заміну старих вікон на сучасні енергозберігаючі конструкції. Проте важливо розуміти, що утеплення саме собою не завжди призводить до зниження витрат на енергію. Без модернізації опалювальної системи можливий ефект, при якому споживання енергії не тільки не скорочується, а й навіть збільшується, оскільки тепло може розподілятися нерівномірно по будівлі. Тому оновлення системи опалення є обов'язковою частиною комплексної термомодернізації.

Крім того, термомодернізація включає оновлення систем гарячого водопостачання. Встановлення енергоефективних бойлерів, використання теплових насосів та інших сучасних технологій дозволяє суттєво скоротити витрати на підігрів води. Немаловажну роль відіграє і модернізація освітлення: заміна традиційних ламп розжарювання на світлодіодні суттєво знижує споживання електроенергії.

Незважаючи на те, що термомодернізація потребує початкових фінансових вкладень, ці витрати слід розглядати як інвестицію у майбутнє. При грамотному

підході та попередньому енергоаудиті можна виявити слабкі місця будівлі та вибрати найефективніші методи їх усунення. Це забезпечить не лише економію на комунальних платежах, а й довгострокову фінансову вигоду.

Крім економічної вигоди, термомодернізація приносить інші важливі переваги. По-перше, вона значно підвищує комфорт проживання: в утепленому будинку взимку стає тепліше, а влітку прохолодніше, зникають протяги та вогкість. По-друге, модернізація збільшує термін служби будівлі, оскільки сучасні матеріали та технології забезпечують додатковий захист конструкцій від впливу довкілля. По-третє, зниження енергоспоживання сприяє покращенню екологічної ситуації, знижуючи викиди вуглекислого газу та інших забруднюючих речовин в атмосферу. Термомодернізація — це не лише спосіб економії, а й важливий крок до створення більш комфортних, безпечних та екологічно чистих умов життя.

Мета і завдання дослідження. Метою наукового дослідження є проведення енергоаудиту будівлі закладу освіти та розробка відповідних рекомендацій підвищення енергетичної ефективності будівлі шляхом впровадження проєктів з енергозбереження.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні завдання:

- 1) проаналізувати існуючі способи підвищення енергоефективності будівель та сучасні вимоги та норми щодо реалізації проєктів з енергозбереження;
- 2) провести аналіз принципів енергоаудиту будівель закладів освіти;
- 3) провести збір даних та аналіз інформації щодо поточного стану будівлі закладу освіти;
- 4) провести аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі закладу освіти;
- 5) визначити основні показники тепловитрат для елементів огорожувальних конструкцій будівлі;
- 6) провести експериментальні дослідження щодо виявлення фактичних тепловитрат;

7) розробити рекомендації щодо підвищення енергетичної ефективності експлуатації будівлі.

Об'єкт дослідження – будівля закладу освіти.

Предмет дослідження – енергоаудит закладу освіти.

Методи дослідження. Проведено аналіз літературних джерел та отриманих експериментальних даних, застосовано статистичний метод для обробки експериментальних даних та порівняльно-розрахунковий для отримання даних щодо енергетичної ефективності запропонованих проєктів.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі визначених даних щодо техніко-економічних показників по енергоефективності будівлі закладу освіти запропоновані варіанти проєктів енергозбереження з розробкою фінансової структури.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновано три проєкти по енергозбереженню будівлі закладу освіти, кожен з яких надає можливість знизити енерговитрати на опалення будівлі. Запропоновано енергозберігаючі заходи по заміні старих вікон, заміні дверей, встановленню радіаторних рефлекторів у будівлі.

Структура та обсяг магістерської роботи. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 15 найменувань. Загальний обсяг роботи складає 92 сторінки. Основна частина магістерської роботи викладена на 86 сторінках тексту, містить 33 рисунків та 26 таблиць.

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Енергоаудит будівель

Енергоаудит будівлі – це комплекс заходів, спрямованих на аналіз споживання енергії в будівлі та виявлення способів підвищення її енергоефективності. Основна мета енергоаудиту – знизити енерговитрати та скоротити негативний вплив на навколишнє середовище, зберігаючи комфортні умови для користувачів будівлі.

Під час енергетичного обстеження будівлі необхідно провести як мінімум наступні роботи:

- 1) аналіз проектної та виконавчої документації щодо зовнішніх конструкцій, що захищають, інженерних мереж;
- 2) обстеження та перевірка роботи приладів обліку (лічильники електроенергії, тепла, води);
- 3) обстеження стін, вікон, даху, дверей, підвалів, горищ, визначення нормативних та фактичних теплозахисних характеристик;
- 4) обстеження теплопостачання, електропостачання, водопостачання, інженерних мереж, системи висвітлення;
- 5) тепловізійне обстеження будівлі з метою виявлення прихованих дефектів будівництва та експлуатації;
- 6) вимірювання щільності теплових потоків через огорожувальні конструкції;
- 7) розрахунок обсягів нормативного споживання теплової енергії (опалення, вентиляція, гаряче водопостачання), порівняння з фактичними даними.

За підсумками енергоаудиту будівлі ви отримуєте:

- енергетичний паспорт будівлі;
- звіт з енергоаудиту;
- звіт з теплових навантажень;

- звіт та акт тепловізійного обстеження (рис. 1.1);
- звіт щодо кратності повітрообміну та інші звіти.

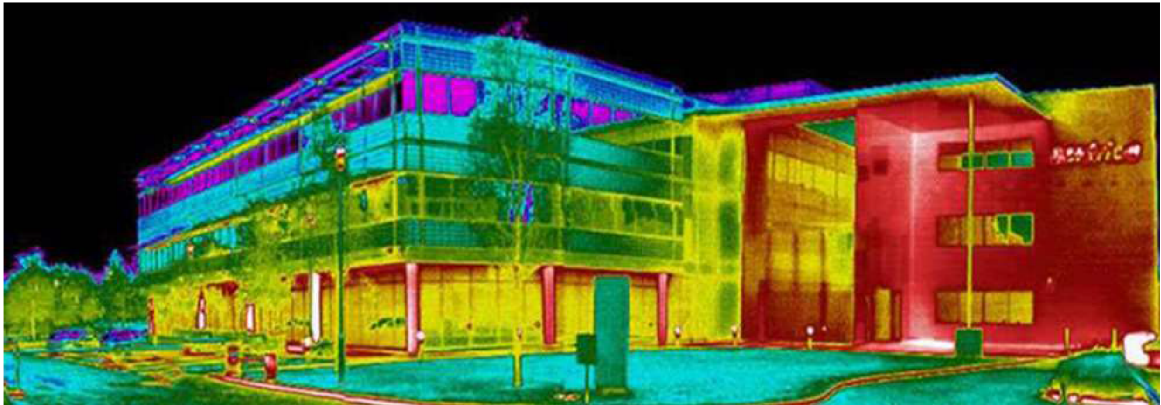


Рисунок 1.1 Термограма

1.2 Системи обліку теплоти, електроенергії, води

Основні етапи проведення енергоаудиту системи обліку та лічильників:

- 1) визначення кількості живильних вводів, типів, кількості, технічного стану та балансової належності вузлів обліку;
- 2) перевірка стану схем та засобів обліку енергоресурсів та води;
- 3) перевірка відповідності класу точності лічильників нормативним вимогам;
- 4) перевірка наявності пломб, відсутності у схемах обліку інших увімкнених приладів та пристроїв, що впливають на точність обліку або на прилади обліку;
- 5) контроль вірогідності обліку.

1.2.1 Енергоаудит системи теплопостачання

Порядок проведення обов'язкового енергетичного обстеження теплопостачання (рис. 1.2):

- 1) аналіз договірних умов теплопостачання;
- 2) аналіз існуючих схем теплопостачання;

- 3) візуальне обстеження системи опалення, гарячого водопостачання, радіаторів опалення;
- 4) аналіз проектного та фактично застосовуваного температурного графіка теплової мережі;
- 5) оцінка технічного стану та визначення режимів роботи теплових пунктів;
- 6) пошук витоків за допомогою тепловізора;
- 7) обстеження систем тепlopостачання сторонніх споживачів;
- 8) визначення фактичних обсягів теплоспоживання сторонніми споживачами;
- 9) контроль достовірності фінансових розрахунків між сторонніми організаціями та обстежуваною організацією;
- 10) розробка заходів, спрямованих на попередження розкрадання або несанкціонованого відбору теплової енергії;
- 11) розробка балансів прийому та розподілу теплової енергії за основними групами споживачів та для всієї обстежуваної будівлі або організації в цілому;
- 12) визначення фактичних максимальних годинних теплових навантажень приєднаних споживачів та порівняння їх із проектними значеннями.



Рисунок 1.2 Енергетичне обстеження тепlopостачання

1.2.2 Енергетичне обстеження системи електропостачання

Проведення енергетичного аудиту системи електропостачання (рис. 1.3):

- 1) аналіз проектної документації з електрики з урахуванням усіх споживачів та технічних умов;
- 2) аналіз договірних умов електропостачання;
- 3) зовнішній огляд стану обладнання, виявлення пошкоджень та причини непрацездатності;
- 4) оцінка технічного стану внутрішніх мереж та електроустаткування;
- 5) аналіз обсягів споживання електричної енергії за живильним введенням за останні 3 роки;
- 6) визначення впливу сезонних та кліматичних факторів на обсяги електроспоживання;
- 7) визначення завантаження та режимів роботи основного трансформаторного обладнання;
- 8) тепловізійне обстеження трансформаторного обладнання, вступно-розподільчих пристроїв, основного та допоміжного електрообладнання;
- 9) аналіз розподілу навантажень за фазами;
- 10) вимірювання температури контактних з'єднань;
- 11) обстеження завантаженості електричних кабелів та щитків;
- 12) розрахунок втрат електричної енергії;
- 13) розрахунок споживання електрики (навантаження) всіх споживачів окремо, а також сумарного навантаження;
- 14) визначення пропускної здатності перерізу існуючих кабельних ліній з погляду можливості пропуску додаткових навантажень;
- 15) інструментальний контроль якості електричної енергії на живильному вводі;
- 16) обстеження повітряних ліній електропередач;
- 17) вимірювання рівня освітленості в приміщеннях;

18) видача технічного висновку про завантаженість трансформаторів та системи аварійного електропостачання та освітлення, наявність вільних потужностей та можливість встановлення додаткового обладнання;

19) розробка пропозицій щодо впровадження систем аварійного та резервного електропостачання.

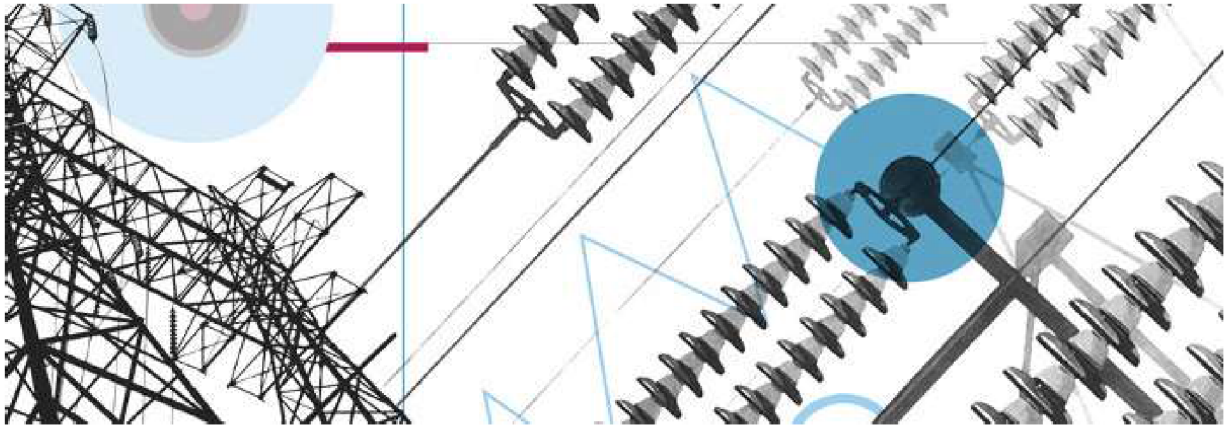


Рисунок 1.3 Енергетичне обстеження системи електропостачання

1.2.3 Порядок обстеження водопостачання та водовідведення

Проведення енергоаудиту водопостачання та водовідведення (рис. 1.4):

- 1) аналіз проектної документації системи водопостачання;
- 2) аналіз договірних умов водопостачання;
- 3) аналіз обладнання системи водопостачання;
- 4) обстеження основних водорозбірних вузлів;
- 5) оцінка технічного стану насосного обладнання, теплообмінників, трубопроводів;
- 6) інструментальний контроль витрат води;
- 7) вимірювання напорів насосного обладнання;
- 8) вимірювання частоти обертання електродвигунів насосів;
- 9) розрахунок нормативних обсягів водоспоживання та порівняння їх із фактичними показниками;
- 10) оцінка технічного стану запірно-регулюючої арматури;

- 11) розробка балансів водоспоживання та водовідведення за основними групами споживачів;
- 12) видача технічного висновку щодо завантаженості обладнання системи водопостачання;
- 13) визначення вільних потужностей та пропускної спроможності трубопроводів для підключення додаткових споживачів;
- 14) аналіз проектної документації систем водовідведення, включаючи зливову каналізацію;
- 15) аналіз обладнання системи водовідведення;
- 16) видача технічного висновку щодо завантаженості обладнання системи водовідведення.



Рисунок 1.4 Енергетичне обстеження водопостачання та водовідведення

1.2.4 Енергетичне обстеження котельні

Етапи енергетичного аудиту котельні (рис. 1.5):

- 1) аналіз проектної документації, її реалізації та оцінка відповідності сучасним техніко-економічним вимогам;
- 2) розрахунок споживання теплової енергії всіма споживачами, а також сумарне навантаження за добу;
- 3) аналіз теплової схеми котельні, її особливості та недоліки;

- 4) визначення встановленої і фактично наявної теплової потужності котельні;
- 5) аналіз роботи котельні, вироблення та відпуску теплової;
- 6) розрахунок ККД котельні;
- 7) контроль за організацією ремонтного обслуговування котельні;
- 8) перевірка стану трубопроводів та арматури;
- 9) обстеження трубопроводів щодо тонких стінок;
- 10) вимірювання частоти обертання електродвигунів насосів;
- 11) заміри навантаженості вступних кабелів та основного електроустаткування;
- 12) тепловізійне обстеження обладнання котельні;
- 13) аналіз складу димових газів у димарях котлів;
- 14) видача технічного висновку про завантаженість котельні, наявність вільних потужностей та можливість встановлення додаткового обладнання.



Рис. 1.5 Енергетичне обстеження котельні

1.3 Організаційні заходи щодо енергозбереження

Організаційні заходи щодо енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності будівель:

- проведення енергетичного аудиту;
- аналіз якості електроенергії, тепло- та водопостачання;
- аналіз та перегляд договорів на електро-, тепло-, газо- та водопостачання житлових багатоквартирних будинків;
- оцінка аварійності та втрат у теплових, електричних та водопровідних мережах.

1.3.1 Низьковитратні заходи у багатоквартирних будинках

Низьковитратні заходи щодо енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності:

- промивання опалювальної системи всередині будинку;
- балансування опалювальної системи та стояків;
- утеплення дверних отворів у під'їздах;
- монтаж доводчиків дверей;
- інфрачервона зйомка фасадів будівель;
- обстеження системи опалення;
- встановлення тепловідбивних екранів за опалювальними приладами;
- встановлення регуляторів опалення (регулювання температури теплоносія, виходячи з температури в приміщенні).

1.3.2 Середньовитратні заходи щодо підвищення енергоефективності будівель

До складу середньовитратних заходів щодо енергозбереження входять:

- утеплення чорної підлоги в дерев'яних будинках;
- оснащення будівель загальнобудинковими приладами обліку тепла, води, електроенергії;
- встановлення автоматичних вузлів керування опаленням;
- герметизація та утеплення міжпанельних стиків;

- утеплення горищ та підвалів;
- відновлення циркуляційних систем ГВП;
- відновлення теплопостачання сходових майданчиків;
- заміна світильників вуличного освітлення на енергоефективні;
- встановлення світлодіодних ламп;
- встановлення датчиків руху у місцях загального користування.

1.3.3 Технічні та великі заходи

Підвищення енергетичної ефективності будівель - великовитратні та технічні заходи:

- заміна старих вікон на сучасні, які мають підвищений термічний опір;
- модернізація систем опалення та встановлення нових радіаторів;
- модернізація ІТП;
- встановлення енергоефективних опалювальних котлів;
- утеплення огорожувальних конструкцій будинків та місць загального користування;
- модернізація котелень з використанням енергоефективного обладнання;
- впровадження систем автоматизації роботи та завантаження котлів;
- автоматизація відпуску теплової енергії споживачам;
- заміна теплових мереж з використанням енергоефективного обладнання;
- заміна застарілої теплової ізоляції на трубопроводах;
- встановлення регульованого приводу в системах водопостачання та водовідведення;
- встановлення частотно-регульованого приводу на насосному обладнанні;
- заміна електричних мереж.

1.4 Підвищення енергоефективності будівель

Першочергові заходи щодо енергозбереження – це заходи, які мають дати найзначніший ефект і їх варто виконати насамперед. Після того, як всі першочергові заходи щодо підвищення енергоефективності багатоквартирного будинку виконані, можна переходити до другої черги заходів.

Заходи другої черги також важливо впроваджувати, як і заходи першої черги. Різниця лише в тому, що з технічних та фінансових причин почати необхідно з заходів першої черги.

1.4.1 Системи опалення та ГВП

Першочергові заходи щодо енергозбереження:

- встановлення балансувальних вентилів;
- балансування системи опалення;
- промивання трубопроводів та стояків системи опалення;
- встановлення загальнобудинкового лічильника тепла та гарячої води;
- встановлення поквартирних лічильників тепла та гарячої води.

Другочергові заходи:

- встановлення індивідуального теплового пункту;
- встановлення теплообмінника опалення;
- встановлення автоматичної системи керування опаленням та в ГВП;
- заміна трубопроводів;
- заміна арматури;
- теплоізоляція трубопроводів у підвалах, на горищах та у місцях загального користування;
- встановлення терморегулювальних клапанів на опалювальних приладах;
- встановлення запірних вентилів;

- встановлення та модернізація насосів для забезпечення рециркуляції води у системах ГВП.

1.4.2 Система електропостачання та освітлення

Першочергові заходи

- встановлення загальнобудинкових та індивідуальних лічильників електроенергії;
- встановлення енергозберігаючих ламп у місцях загального користування;

Другочергові заходи:

- встановлення автоматичного регулювання освітлення;
- заміна електродвигунів;
- встановлення приводів частотного регулювання.

1.4.3 Двері, вікна, дах та стіни

Першочергові заходи:

- закладення, ущільнення та утеплення дверей під'їздів;
- встановлення дверей та заслінок у підвалах;
- встановлення дверей та заслінок на горищах;
- закладення та ущільнення вікон у місцях загального користування.

Другочергові заходи:

- встановлення тепловідбивних плівок на вікна;
- встановлення низькоемісійного скла на вікна у під'їздах;
- заміна віконних та дверних блоків на енергоефективні;
- утеплення підлоги та стін підвалу;
- утеплення підлоги горища;
- утеплення даху;
- закладення міжпанельних швів;

- утеплення стін;
- скління балконів та лоджій;
- встановлення повітряних заслінок у системі вентиляції.

1.4.4 Нетрадиційні методи підвищення енергоефективності будівель

Ці заходи, націлені на підвищення енергоефективності будівель, варто виконувати після того, як ви виконали всі попередні заходи та хочете довести вашу будівлю до ідеалу:

- установка теплових насосів для систем опалення, гарячого водопостачання та кондиціювання;
- встановлення рекуператорів для утилізації тепла вентиляційних викидів;
- встановлення сонячних колекторів підігріву води.

Перед тим, як складається точніший перелік заходів щодо підвищення енергоефективності в конкретному житловому будинку, необхідно провести енергетичне обстеження цієї будівлі.

1.4.5 Підвищення енергоефективності системи опалення будівель

Підвищити енергоефективність системи тепlopостачання дозволяють як прості, так і комплексні заходи.

Найпростіші заходи, з яких слід розпочати:

- 1) Встановлення балансувальних вентилів.
- 2) Періодичне балансування системи опалення.
- 3) Встановлення дверей у отворах підвальних приміщень.
- 4) Встановлення дверей у прорізах горищних приміщень.
- 5) Закладення та ущільнення віконних блоків.
- 6) Встановлення приладів обліку теплової енергії.
- 7) Встановлення локальних систем опалення.
- 8) Оптимізація гідравлічних режимів тепломереж.

9) Скорочення втрат через незаконні зливи теплоносія.

Комплексні заходи, які вимагають більш високих капітальних витрат:

- модернізація котелень та ЦТП;
- реконструкція та будівництво нових теплових мереж;
- зведення нових котелень;
- модернізацією системи опалення в будинках та квартирах;
- встановлення сучасної якісної теплоізоляції.

Крім того, у підвищення енергоефективності будівель повинні вкладатися не тільки виробники ресурсів, що передають компанії, керуючі компанії, товариства власників, а й самі мешканці.

1.5 Підвищення енергоефективності будівель власниками

1.5.1 Утеплення дверей та віконних отворів

Через вікна та двері квартира втрачає до 15% теплоти. Встановлення пластикових або дерев'яних вікон із багатокамерними склопакетами підвищить температуру у квартирі на 2-3 градуси. Нові герметичні вікна також допоможуть знизити рівень вуличного шуму. Якщо немає можливості встановити нові вікна, ми рекомендуємо встановити поліуретанові прокладки по периметру вікон та кватирок. Після ущільнення поліуретаном повітропроникність (рівень протягу) квартири знижується на 30-40%. Ущільнення старих дерев'яних вікон дуже ефективне. Цей захід окупиться менш як за рік.

Після ущільнення вікон, ми рекомендуємо виконати щільне припасування входних і балконних дверей. Якщо коридор вашого будинку є холодним, вам слід встановити другі входні двері (створити невеликий тамбур). Наявність тамбуру допоможе підвищити температуру у квартирі на 2-3 градуси.

1.5.2 Тепловідбивний екран за радіатором

Установка тепловідбивних екранів за радіаторами. Якщо це ще не зроблено, ми рекомендуємо встановити тепловідбивний екран за радіатором. Це дуже простий та дешевий захід, який дозволяє збільшити температуру у квартирі на 1-1.5 градусів.

У порівнянні, встановлення багатокамерних пластикових вікон обійдеться вам у десятки разів дорожче, але підвищить температуру в приміщенні лише на 2-3 градуси.

Також слідкуйте за тим, щоб штори не покривали ваші радіатори. Штори в цьому випадку відіграють роль ізолятора, який не дозволяє теплу надходити в квартиру.

1.5.3 Заміна старих радіаторів

Заміна старих радіаторів коштуватиме недешево, але збільшить теплопередачу на 30-40%. Варто зазначити, що заміна радіаторів прирівнюється до перепланування та впливає на теплові навантаження у всій будівлі, тому заміну радіаторів необхідно узгодити з організацією, що управляє.

1.5.4 Скління лоджій та балконів

Скління балкона або лоджії еквівалентне встановленню тамбуру або додаткового вікна. За своїм ефектом, скління та утеплення балкона та лоджії схоже на заміни старих дерев'яних вікон та дозволяє підвищити температуру у квартирі на 2-3 градуси. Скління призводить до значного зниження тепловтрат і часто буває більш ефективним заходом, ніж встановлення пластикових вікон.

1.5.5 Економія електрики

Економію електрики можна розпочати з елементарної:

1) Гасіть світло. Якщо ви не звикли гасити світло, встановіть датчики руху чи присутності.

2) Якщо доречно, використовуйте замість загального світла настільні лампи та світильники.

3) Вимикайте мобільки, зарядки, телевізори, мікрохвильові печі з розетки. Коли зарядний пристрій включено в розетку постійно, близько 9% електроенергії використовується марно.

4) Не встановлюйте холодильник дуже щільно до стіни, плити або радіатора опалення. Це може збільшити споживання електроенергії на 30%.

5) Для підігріву води використовуйте чайник, а не електроплитку.

6) Чисті вікна, лампи та світильники, світлі стіни та штори допомагають економити 12-15% електроенергії на освітленні.

7) Уникайте перевантаження або недовантаження пральної машини. Це допоможе скоротити споживання електроенергії на 10-15%.

8) Увімкніть кондиціонер тільки після того, як всі вікна та двері щільно зачинені.

9) Замінити лампи розжарювання на енергозберігаючі. Це допоможе знизити споживання електроенергії на освітлення у 4-5 разів.

1.5.6 Економія води

Заощаджувати воду також досить просто:

1) Не полощіть білизну під проточною водою.

2) Приймайте душ. На прийняття душу йде в 10-20 разів менше води, ніж прийняття ванни.

3) Починіть або замініть всі крани та труби, що протікають. Несправний кран за добу може накапати 30-50 літрів води.

4) Встановіть насадки-розпилювачі на крани. А ще краще, встановіть сучасні змішувачі. Це дозволить заощадити 10-15% води.

5) Регулярно перевіряйте виток води в зливному бачку. Через тонкий струмок виток ви можете втрачати кілька 30-50 літрів води щодня.

6) Встановіть двокнопкові зливні бачки.

7) Використовуйте посудомийну та пральну машину лише при повному завантаженні.

8) Не розморожуйте продукти під струменем води з крана.

Загалом у квартирі можна скоротити витрати на тепло, воду та електроенергію на 30-40% без особливих витрат та зниження якості життя.

Таблиця 1.1 Першочергові заходи спрямовані на підвищення енергоефективності будівель

N	Найменування заходу	Очікувані результати	Застосовувані технології, обладнання та матеріали
1	2	3	4
I. Перелік основних заходів			
Система опалення та гарячого водопостачання			
1.	Установка лінійних балансувальних вентилів та балансування системи опалення.	1) Рациональне використання теплової енергії; 2) Економія споживання теплової енергії у системі опалення.	Балансувальні вентилі, запірні вентилі, повітро-випускні клапани.
2.	Промивання трубопроводів та стояків системи опалення.	1) Рациональне використання теплової енергії; 2) Економія споживання теплової енергії у системі опалення.	Промивні машини та реагенти.
3.	Установка колективного (загальнобудинкового) приладу обліку теплової енергії.	Врахування теплової енергії, спожитої в багато-квартирному будинку.	Прилад обліку теплової енергії, внесений до державного реєстру засобів вимірювальної техніки.
4.	Установка колективного (загальнобудинкового) приладу обліку гарячої води.	Облік гарячої води, спожитої у багато-квартирному будинку.	Прилад обліку гарячої води, внесений до державного реєстру засобів вимірювальної техніки.

5.	Встановлення індивідуального приладу обліку гарячої води.	Облік гарячої води, спожитої у житловому чи нежитловому приміщенні у багатоквартирному будинку.	Прилад обліку гарячої води, внесений до державного реєстру засобів вимірювальної техніки.
Система електропостачання та освітлення			
6.	Заміна ламп розжарювання та ртутних ламп усіх видів у місцях загального користування на енергоефективні лампи (світильники).	1) Економія електроенергії; 2) Поліпшення якості освітлення; 3) Усунення мерехтіння для освітлення.	Світлодіодні лампи та світильники на їх основі.
7.	Установка колективного (загальнобудинкового) приладу обліку електричної енергії.	Підвищення точності та достовірності обліку електричної енергії, спожитої у багато-квартирному будинку.	Прилад обліку електричної енергії, що дозволяє вимірювати обсяги споживання електричної енергії за зонами доби, внесений до державного реєстру засобів вимірювань.
8.	Встановлення індивідуального приладу обліку електричної енергії.	Підвищення точності та достовірності обліку електричної енергії, спожитої у житловому чи нежитловому приміщенні у багато-квартирному будинку.	Прилад обліку електричної енергії, що дозволяє вимірювати обсяги споживання електричної енергії за зонами доби, внесений до державного реєстру засобів вимірювань.
Дверні та віконні конструкції			
9.	Закладення, ущільнення та утеплення дверних блоків на вході в під'їзди та забезпечення автоматичного закривання дверей.	1) Зниження витоків тепла через двері під'їздів; 2) Раціональне використання теплової енергії.	Двері з теплоізоляцією, прокладки, поліуретанова піна, автоматичні доводчики та ін.
10.	Встановлення дверей та заслінок у отворах підвальних приміщень.	1) Зниження витоків тепла через підвальні отвори; 2) Раціональне використання теплової енергії.	Двері, дверцята та заслінки з теплоізоляцією.

11.	Встановлення дверей та заслінок у отворах горищних приміщень.	1) Зниження витоків тепла через отвори горищ; 2) Раціональне використання теплової енергії.	Двері, дверцята та заслінки з теплоізоляцією, повітряні заслінки.
12.	Закладення та ущільнення віконних блоків у під'їздах.	1) Зниження інфільтрації через віконні блоки; 2) Раціональне використання теплової енергії.	Прокладки, поліуретанова піна та ін.
II. Перелік додаткових заходів			
Система опалення та гарячого водопостачання			
13.	Установка (модернізація) ІТП із встановленням теплообмінника опалення та апаратури керування опаленням.	1) Забезпечення якості води у системі опалення; 2) Автоматичне регулювання параметрів води у системі опалення; 3) Продовження терміну служби обладнання та трубопроводів системи опалення; 4) Раціональне використання теплової енергії; 5) Економія споживання теплової енергії у системі опалення; 6) Усунення недотопів/перетопів.	Пластинчастий теплообмінник опалення та обладнання для автоматичного регулювання витрати, температури та тиску в системі опалення, у тому числі насоси, контролери, регулюючі клапани з приводом, датчики температури води та температури зовнішнього повітря та ін.
14.	Модернізація трубопроводів та арматури системи опалення.	1) Збільшення терміну експлуатації трубопроводів; 2) Зниження витоків води; 3) Зниження числа аварій; 4) Раціональне використання теплової енергії; 5) Економія споживання теплової енергії у системі опалення.	Сучасні попередньоізольовані трубопроводи, арматура.
15.	Теплоізоляція внутрішньобудинкових інженерних мереж тепlopостачання та гарячого водопостачання.	1) Раціональне використання теплової енергії; 2) Економія споживання теплової енергії у системі опалення.	Сучасні теплоізоляційні матеріали у вигляді шаралуп та циліндрів.

	ня у підвалі та (або) на горищі.		
16.	Теплоізоляція внутрішньобудинкових трубопроводів системи опалення.	1) Рациональне використання теплової енергії; 2) Економія споживання теплової енергії у системі опалення.	Сучасні теплоізоляційні матеріали у вигляді шкаралуп та циліндрів.
17.	Теплоізоляція внутрішньобудинкових трубопроводів системи ГВП.	1) Рациональне використання теплової енергії; 2) Економія споживання теплової енергії та води в системі ГВП.	Сучасні теплоізоляційні матеріали у вигляді шкаралуп та циліндрів.
18.	Встановлення терморегулювальних клапанів (терморегуляторів) на опалювальних приладах.	1) Підвищення температурного комфорту у приміщеннях; 2) Економія теплової енергії у системі опалення.	Термостатичні радіаторні вентиля.
19.	Встановлення запірних вентилів на радіаторах.	1) Підтримка температурного режиму у приміщеннях (усунення переторів); 2) Економія теплової енергії у системі опалення; 3) Зміцнення експлуатації радіаторів.	Кульові запірні радіаторні вентиля.
20.	Забезпечення рециркуляції води у системі ГВП.	1) Рациональне використання теплової енергії та води; 2) Економія споживання теплової енергії та води в системі ГВП;	Циркуляційний насос, автоматика, трубопроводи.

21.	Встановлення (модернізація) ІТП із встановленням (заміною) теплообмінника ГВП та встановленням апаратури управління ГВП.	1) Автоматичне регулювання параметрів у системі ГВП; 2) Рациональне використання теплової енергії; 3) Економія споживання теплової енергії та води в системі ГВП; 4) Поліпшення умов експлуатації та зниження аварійності; 5) Стабілізація температури гарячої води у точці витрати.	Пластинчастий теплообмінник ГВП та обладнання для автоматичного регулювання температури в системі ГВП, включаючи контролер, регулюючий клапан з приводом, датчик температури гарячої води та ін.
22.	Модернізація трубопроводів та арматури системи ГВП.	1) Збільшення терміну експлуатації трубопроводів; 2) Зниження витоків води; 3) Зниження числа аварій; 4) Рациональне використання теплової енергії та води; 5) Економія споживання теплової енергії та води в системі ГВП.	Сучасні пластикові трубопроводи, арматура.
Система холодного водопостачання			
23.	Модернізація трубопроводів та арматури системи ХВП.	1) Збільшення терміну експлуатації трубопроводів; 2) Зниження витоків води; 3) Зниження числа аварій; 4) Рациональне використання води; 5) Економія споживання води у системі ХВП.	Сучасні пластикові трубопроводи, арматура.
Система електропостачання та освітлення			
24.	Встановлення обладнання для автоматичного регулювання освітлення приміщень у місцях загального користування,	1) Автоматичне регулювання освітленості; 2) Економія електроенергії.	Датчики освітленості, датчики руху.

	включення (вимкнення) освітлення, що реагує на рух (звук).		
25.	Модернізація електродвигунів або заміна на більш енергоефективні, встановлення частотно-регульованих приводів.	1) Більш точне регулювання параметрів у системі опалення, ГВП та ХВП; 2) Економія електроенергії.	Тришвидкісні електродвигуни, електродвигуни зі змінною швидкістю обертання, частотно-регульовані приводи.
26.	Установка частотно-регульованих приводів у ліфтовому господарстві.	Економія електроенергії	Частотно-регульовані приводи ліфтів.
Дверні та віконні конструкції			
27.	Встановлення тепло-відбивних плівок на вікна у приміщеннях загального користування.	1) Зниження втрат променистої енергії через вікна; 2) Раціональне використання теплової енергії.	Тепловідбивна плівка.
28.	Встановлення низькоемісійного скла на вікна в приміщеннях загального користування.	1) Зниження втрат променистої енергії через вікна; 2) Раціональне використання теплової енергії.	Низькоемісійне скло.
29.	Підвищення теплозахисту віконних та балконних дверних блоків до чинних нормативів у приміщеннях загального користування.	1) Зниження інфільтрації через віконні та балконні дверні блоки; 2) Раціональне використання теплової енергії; 3) Збільшення терміну служби віконних та балконних дверних блоків.	Склопакети з підвищеним термічним опором.
Огороджувальні конструкції			
30.	Підвищення теплозахисту підлоги та стін підвалу до чинних нормативів.	1) Зменшення охолодження або промерзання стелі технічного підвалу; 2) Раціональне використання теплової енергії; 3) Збільшення терміну служби будівельних конструкцій.	Тепло-, водо- та пароізоляційні матеріали та ін.

31.	Утеплення підлоги горища до чинних нормативів та вище.	1) Зменшення протікання, охолодження або промерзання підлоги технічного горища; 2) Раціональне використання теплової енергії; 3) Збільшення терміну служби будівельних конструкцій.	Тепло-, водо- та пароізоляційні матеріали та ін.
32.	Утеплення даху до чинних нормативів та вище.	1) Зменшення протікання та промерзання горищних конструкцій; 2) Раціональне використання теплової енергії; 3) Збільшення терміну служби горищних конструкцій.	Тепло-, водо- та пароізоляційні матеріали та ін.
33.	Закладення міжпанельних та компенсаційних швів.	1) Зменшення протягів, протікання, промерзання, продування, утворення грибків; 2) Раціональне використання теплової енергії; 3) Збільшення терміну служби стінових конструкцій.	Герметик, теплоізоляційні прокладки, мастика та ін.
34.	Підвищення теплозахисту зовнішніх стін до чинних нормативів.	1) Зменшення промерзання стін; 2) Раціональне використання теплової енергії; 3) Збільшення терміну служби стінових конструкцій.	Тепло- та пароізоляційні матеріали, оздоблювальні матеріали, захисний шар та ін.
35.	Підвищення теплозахисту віконних та балконних дверних блоків до чинних нормативів у приміщеннях власників.	1) Зниження інфільтрації через віконні та балконні блоки; 2) Підвищення термічного опору віконних конструкцій; 3) Збільшення терміну служби віконних та балконних дверних блоків.	Сучасні склопакети.

36.	Підвищення теплотехнічної однорідності зовнішніх конструкцій, що захищають - скління балконів і лоджій.	1) Зниження інфільтрації через віконні та балконні блоки; 2) Підвищення термічного опору віконних конструкцій; 3) Збільшення терміну служби віконних та балконних дверних блоків.	Сучасні пластикові та алюмінієві конструкції.
Система вентиляції			
37.	Ремонт або встановлення повітряних заслінок.	1) Ліквідація витоків тепла через систему вентиляції; 2) Рациональне використання теплової енергії.	Повітряні заслінки з регулюванням прохідного перерізу.
Використання нетрадиційних джерел енергії			
38.	Встановлення теплових насосів для системи опалення та кондиціювання.	Економія теплової енергії	Теплові насоси для системи опалення та кондиціювання.
39.	Встановлення першого ступеня приготування гарячої води за допомогою теплових насосів.	1) Економія енергії за рахунок використання вторинних джерел теплової енергії; 2) Рациональне використання теплової енергії.	Теплові насоси.
40.	Встановлення першого ступеня приготування гарячої води за рахунок утилізації тепла вентиляційних викидів.	1) Економія енергії за рахунок використання вторинних джерел теплової енергії; 2) Рациональне використання теплової енергії.	Теплові насоси, рекуператори.
41.	Пристрій гібридної системи ГВП з акумулюванням тепла та тепловими насосами, що використовують теплоту ґрунту та тепло вентиляційних викидів.	1) Економія енергії за рахунок використання вторинних джерел теплової енергії; 2) Рациональне використання теплової енергії.	Теплові насоси, рекуператори.

42.	Пристрій гібридної системи ГВП з використанням сонячних колекторів води.	1) Економія енергії за рахунок використання вторинних джерел теплової енергії; 2) Раціональне використання теплової енергії.	Сонячні колектори.
-----	--	---	--------------------

Таблиця 1.2 Заходи після капітального ремонту спрямовані на підвищення енергоефективності будівель

N	Найменування заходу	Очікувані результати	Застосовувані технології, обладнання та матеріали
1	2	3	4
I. Перелік основних заходів			
Огороджувальні конструкції			
1.	Ущільнення зовнішніх входних дверей у під'їздах із встановленням доводчиків (забезпечення автоматичного закривання дверей).	1) Зниження витоків тепла через двері під'їздів; 2) Раціональне використання теплової енергії.	Двері з тепло-ізоляцією, прокладки, поліуретанова піна, автоматичні доводчики та ін.
2.	Підвищення тепло-технічної однорідності зовнішніх конструкцій, що захищають, закладення і герметизація міжпанельних з'єднань (швів) і ліквідація «містків» холоду, у тому числі в поєднанні вікон зі стінами.	1) Зменшення промерзання стін; 2) Раціональне використання теплової енергії; 3) Збільшення терміну служби огороджувальних конструкцій.	Тепло- та паро-ізоляційні матеріали, оздоблювальні матеріали, захисний шар та ін.
3.	Підвищення тепло-захисту зовнішніх стін до чинних нормативів.	1) Зменшення промерзання стін; 2) Раціональне використання теплової енергії; 3) Збільшення терміну служби огороджувальних конструкцій.	Тепло- та паро-ізоляційні матеріали, оздоблювальні матеріали, захисний шар та ін.

4.	Підвищення тепло-захисту даху до чинних нормативів, влаштування теплого горища.	1) Зменшення протікання та промерзання горищних конструкцій; 2) Раціональне використання теплової енергії; 3) Збільшення терміну служби горищних конструкцій.	Тепло-, водо- та пароізоляційні матеріали та ін.
5.	Підвищення тепло-захисту підлоги горища до чинних нормативів та вище.	1) Зменшення протікання, охолодження або промерзання підлоги технічного горища; 2) Раціональне використання теплової енергії; 3) Збільшення терміну служби будівельних конструкцій.	Тепло-, водо- та пароізоляційні матеріали та ін.
6.	Підвищення тепло-захисту віконних та балконних дверних блоків до чинних нормативів.	1) Зниження інфільтрації через віконні та балконні дверні блоки; 2) Раціональне використання теплової енергії; 3) Збільшення терміну служби віконних та дверних балконних блоків.	Сучасні склопакети з підвищеним термічним опором.
Система опалення та гарячого водопостачання			
7.	Установка колективного (загальнобудинкового) приладу обліку теплової енергії.	Врахування теплової енергії, спожитої в багатоквартирному будинку.	Прилад обліку теплової енергії, внесений до державного реєстру засобів виміральної техніки.
8.	Установка колективного (загальнобудинкового) приладу обліку гарячої води.	Облік гарячої води, спожитої у багатоквартирному будинку.	Прилад обліку гарячої води, внесений до державного реєстру засобів виміральної техніки.
9.	Встановлення (модернізація) ІТП із встановленням теплообмінника опалення та апаратури керування	1) Забезпечення якості теплоносія у системі опалення; 2) Автоматичне регулювання параметрів	Пластинчастий теплообмінник опалення та обладнання для автоматичного регулювання витрати,

	опаленням, з налаштуванням параметрів теплоносія в системі опалення залежно від температури зовнішнього повітря.	теплоносія у системі опалення; 3) Продовження терміну служби обладнання та трубопроводів системи опалення; 4) Раціональне використання теплової енергії; 5) Економія споживання теплової енергії у системі опалення; 6) Усунення недотопів/перетопів.	температури та тиску в системі опалення, у тому числі насоси, контролери, регулюючі клапани з приводом, датчики температури води та температури зовнішнього повітря та ін.
10.	Встановлення (модернізація) ІТП із заміною тепло-обмінника ГВП та встановленням апаратури управління ГВП.	1) Автоматичне регулювання параметрів у системі ГВП; 2) Раціональне використання теплової енергії; 3) Економія споживання теплової енергії та води в системі ГВП; 4) Поліпшення умов експлуатації та зниження аварійності; 5) Стабілізація температури гарячої води у точці витрати.	Теплообмінник ГВП та обладнання для автоматичного регулювання температури в системі ГВП, включаючи контролер, регулюючий клапан із приводом, датчик температури гарячої води та ін.
11.	Встановлення лінійних балансувальних вентилів та балансування системи опалення.	1) Раціональне використання теплової енергії; 2) Економія споживання теплової енергії у системі опалення.	Балансувальні вентиля, запірні вентиля, повітровипускні клапани.
Система електропостачання			
12.	Встановлення колективного (загальнобудинкового) приладу обліку електричної енергії.	Облік електричної енергії, спожитої у багато-квартирному будинку.	Прилад обліку електричної енергії, внесений до державного реєстру засобів виміральної техніки.
13.	Заміна світильників на основі ламп розжарювання та ртутних ламп усіх видів у місцях загального користування	1) Економія електроенергії; 2) Поліпшення якості освітлення;	Світлодіодні лампи та світильники на їх основі.

	ня на енергоефективні (світлодіодні) лампи.	3) Усунення мерехтіння для освітлення.	
14.	Встановлення обладнання для автоматичного регулювання освітлення приміщень у місцях загального користування, включення (вимкнення) освітлення, що реагує на рух (звук).	1) Автоматичне регулювання освітленості; 2) Економія електроенергії.	Датчики освітленості, датчики руху.
II. Перелік додаткових заходів			
Огороджувальні конструкції			
15.	Підвищення теплозахисту підлоги та стін підвалу до чинних нормативів.	1) Зменшення охолодження або промерзання стелі технічного підвалу; 2) Рациональне використання теплової енергії; 3) Збільшення терміну служби будівельних конструкцій.	Тепло-, водо- та пароізоляційні матеріали та ін.
16.	Підвищення тепло-технічної однорідності зовнішніх конструкцій, що захищають - скління балконів і лоджій.	1) Зменшення промерзання стін та вікон; 2) Рациональне використання теплової енергії; 3) Збільшення терміну служби огорожувальних конструкцій.	Тепло- та паро-ізоляційні матеріали, оздоблювальні матеріали, захисний шар та ін.
17.	Додаткове секціонування входних тамбурів.	1) Зниження витоків тепла через двері під'їздів; 2) Рациональне використання теплової енергії.	Двері з тепло-ізоляцією, прокладки, поліуретанова піна, автоматичні доводчики та ін.
Система опалення та гарячого водопостачання			
18.	Встановлення терморегулювальних клапанів (терморегуляторів) на опалювальних приладах.	1) Рациональне використання теплової енергії; 2) Економія споживання теплової енергії у системі опалення.	Балансувальні вентилі, запірні вентилі, повітровипускні клапани.
19.	Теплоізоляція внутрішньобудинкових інженерних мереж	1) Рациональне використання теплової енергії;	Сучасні тепло-ізоляційні матеріали у вигляді шаралуп та циліндрів.

	теплопостачання та гарячого водо-постачання у підвалі та (або) на горищі.	2) Економія споживання теплової енергії у системі опалення.	
20.	Теплоізоляція внутрішньобудинкових трубопроводів системи опалення.	1) Рациональне використання теплової енергії; 2) Економія споживання теплової енергії у системі опалення.	Сучасні теплоізоляційні матеріали у вигляді шкаралуп та циліндрів.
21.	Теплоізоляція внутрішньобудинкових трубопроводів системи ГВП.	1) Рациональне використання теплової енергії; 2) Економія споживання теплової енергії та води в системі ГВП.	Сучасні теплоізоляційні матеріали у вигляді шкаралуп та циліндрів.
22.	Забезпечення рециркуляції води у системі ГВП.	1) Рациональне використання теплової енергії та води; 2) Економія споживання теплової енергії та води в системі ГВП.	Циркуляційний насос, автоматика, трубопроводи.
Система електропостачання			
23.	Модернізація електродвигунів або заміна на більш енергоефективні, встановлення частотно-регульованих приводів.	1) Більш точне регулювання параметрів у системі опалення, ГВП та ХВП; 2) Економія електроенергії.	Тришвидкісні електродвигуни електродвигуни із змінною швидкістю обертання, частотно-регульовані приводи.
24.	Встановлення частотно-регульованих приводів у ліфтовому господарстві.	Економія електроенергії.	Частотно-регульовані приводи ліфтів.
Використання нетрадиційних джерел енергії			
25.	Встановлення першого ступеня приготування гарячої води за допомогою теплових насосів.	1) Економія енергії за рахунок використання вторинних джерел теплової енергії; 2) Рациональне використання теплової енергії.	Теплові насоси.
26.	Встановлення першого ступеня приготування гарячої води за рахунок	1) Економія енергії за рахунок використання	Теплові насоси, рекуператори.

	утилізації тепла вентиляційних викидів.	вторинних джерел теплової енергії; 2) Рациональне використання теплової енергії.	
27.	Пристрій гібридної системи ГВП з акумулюванням тепла та тепловими насосами, що використовують теплоту ґрунту та тепло вентиляційних викидів.	1) Економія енергії за рахунок використання вторинних джерел теплової енергії; 2) Рациональне використання теплової енергії.	Теплові насоси, рекуператори.
28.	Влаштування гібридної системи ГВП з використанням сонячних колекторів води.	1) Економія енергії за рахунок використання вторинних джерел теплової енергії; 2) Рациональне використання теплової енергії.	Сонячні колектори.

1.6 Енергозберігаючі вікна - плюси та мінуси

1.6.1 Як працюють енергозберігаючі вікна

Енергозберігаюче вікно – це склопакет, у внутрішній порожнині якого знаходиться інертний газ, а на внутрішню поверхню скла нанесено тепловідбивне покриття (рис. 1.6).

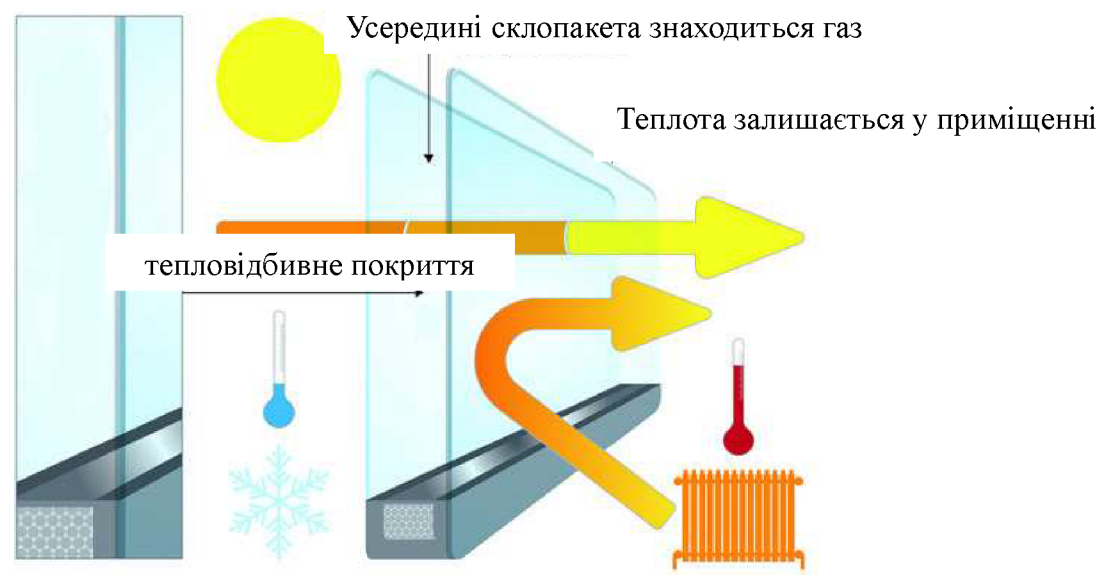


Рисунок 1.6 Енергозберігаюче вікно

Найголовніша енергозберігаюча технологія в енергоефективних вікнах – це покриття з оксиду срібла. Покриття відбиває інфрачервоне випромінювання назад у приміщення. Зберігає тепло в холодну пору року та захищає від сонячного випромінювання влітку. Покриття енергозберігаючого вікна відбиває в приміщення тепло, що надходить від опалювальних приладів. Енергозберігаюче вікно працює як термос. У холодну пору року внутрішнє скло енергозберігаючого вікна тепліше на 5-7 градусів. Тепловтрати через вікна знижуються. За даними енергетичних обстежень через скління втрати тепла можуть досягати 40% від загального обсягу. Спекотного літа таке вікно дозволяє економити на кондиціонуванні повітря.

Навіщо потрібен газ усередині склопакета. Інертні гази мають нижчу теплопровідність, ніж повітря. У цьому газі немає молекул води, а вода – хороший провідник теплоти. Інертний газ збільшує теплоізоляційні властивості енергозберігаючого вікна, але це лише мала частина загального обсягу економії. Найчастіше використовують аргон (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 Склопакет енергозберігаючого вікна

Визначити, що склопакет призначений для газу можна так: в одному із кутів видно клапан для заправки. А ось чи заправлений він газом не визначити – гарантією може бути лише репутація виробника.

Побачити неозброєним оком енергозберігаюче покриття не можна. Можна подивитися через склопакет на полум'я запальнички. Колір полум'я, який відображається у простому та енергозберігаючому склі буде відрізнятися. Відмінність говорить про те, що покриття є і воно затримує частину спектра.

Рама енергозберігаючого вікна виготовлена із матеріалу низької теплопровідності – полімеру (рис. 1.8). Якісний полімер має низьку теплопровідність, стійкий до зовнішніх впливів. Використовують дерев'яні рами склопакетів. Такі рами не мають нічого спільного зі старими вікнами, які встановлювали у минулому столітті. Зараз це оброблене дерево, яке служить добрим утеплювачем, не розсихається, добре забезпечує герметичність віконного отвору.



Рисунок 1.8 Рама енергозберігаючого вікна

Плюси енергозберігаючих вікон:

- низька теплопровідність вікон (захист від спеки влітку та збереження тепла взимку);
- збереження теплоти в приміщенні (за рахунок відбиває інфрачервоний спектр покриття);
- відсутність конденсації води на внутрішній поверхні енергозберігаючого вікна (температура скла вище, повітря приміщення при контакті зі склом не проходить точку роси – волога не конденсується).

– менша вага – для ефективного енергозбереження новому склопакету достатньо однієї або двох камер.

Енергозберігаюче вікно не обмерзатиме з внутрішнього боку в морози. Економія на опаленні приміщень із енергозберігаючими вікнами залежить від загальної площі скління. На опаленні багатопверхових скляних веж (таких бізнес-центрів вже не мало) можна досягти економії більше 20%.

Мінуси енергозберігаючих вікон

Енергозберігаючі вікна – це наступний етап віконної еволюції. Масове застосування звичайних металопластикових склопакетів у 90-х та 2000-х роках серйозно змінило ситуацію із втратами теплоти. При заміні традиційного склопакета на енергозберігаючий результат буде не таким помітним. Нові вікна – це не прорив, це наступний крок до енергоефективності.

Мінусів енергозберігаючих вікон зовсім небагато:

- енергозберігаючі вікна дорожчі за звичайні;
- встановлення доцільне у будинках високого класу енергоефективності (В+ та вище);
- тепловідбивне покриття поступово втрачає свої властивості.

Порівняння цін: енергозберігаючі вікна та звичайні вікна

Виходить цікавий результат: однокамерне енергозберігаюче вікно з покриттям показує такий же результат, як 2-х звичайний камерний склопакет. Вартість додаткового скла компенсує вартість нанесення шару, що відбиває. Ось і виходить, що ціни пропорційні, а енергозберігаюче вікно легше. Менша вага – значить менше навантаження на петлі та фурнітуру. Така фурнітура дешевша, рідше вимагає регулювання. Альтернативою встановлення енергозберігаючих вікон залишається встановлення якісних багатокамерних склопакетів із рамами низької теплопровідності.



Рисунок 1.9 Багатокамерні склопакети

Багатокамерні склопакети досить енергоефективні, але мають велику вагу і спотворюють видимість. Покриття на встановлені вікна не можна нанести, таке покриття наноситься тільки в заводських умовах. Можна наклеїти на внутрішнє скло тепловідбивну плівку. Така плівка не перетворить вікно на енергозберігаюче і вона трохи погіршить світлопроникність, але підвищить температуру скла на 1-2 градуси в холодну пору року. Плівка нічим не захищена і схильна до механічних пошкоджень.

Рекомендації та встановлення енергозберігаючих вікон

Будівля або приміщення має відповідати таким параметрам:

- велика площа скління (понад 40%);
- високий клас енергоефективності будівлі;
- правильно налаштована система вентиляції, яка забезпечує необхідний повітрообмін (вікна герметичні та не пропускають зовнішнє повітря у приміщення).

Для того, щоб перевірити, чи підходить будівля для встановлення енергозберігаючих вікон, необхідно провести енергетичне обстеження будівлі та перевірку системи вентиляції.

1.6.2 Види вікон

Вікна, дерев'яні, без утеплення

У будинках та будинках, які будувалися до 2000 року, ставили такі вікна. Рама з масиву соснового дерева, пофарбована білою фарбою, такий самий віконний профіль. Встановлювали два скла і передбачали можливість розкрити стулку, щоб мити шибки зсередини. Вікна були не герметичними, усередину потрапляв пил. Скло вставлялося в дерев'яну раму просто в паз і кріпилося дерев'яною рейкою. Теплоту таке вікно зберігало погано. Перед кожною зимою вікна потрібно було утеплювати поролоновим ущільнювачем та заклеювати стики папером.

Сучасні дерев'яні вікна

Нині теж використовується дерево для виробництва сучасних вікон, лише технологія змінилася. Для виготовлення рам і стулок частіше використовують сосну, модрина, дуб. Тепер роблять не з масиву деревини, а із підготовленого клеєного бруса. Такий профіль не боїться вологи, не скривиться, добре зберігає теплоту. У таких вікнах використовують склопакети, про це нижче, у розділі про вікна ПВХ.

Вікна із профілю ПВХ зі склопакетом

ПВХ – це полівінілхлорид, безпечний, довговічний, стійкий до пошкоджень та температур пластик. ПВХ – гарний утеплювач, профіль для віконної рами та стулок виготовляють багатокамерним. Для таких вікон використовують склопакети. Склопакети - це два і більше скла, які з інтервалом 6-10 мм з'єднуються в єдиний герметичний блок. Пакет герметичний, усередину не потрапить пил. Чим більше скла у пакеті, тим енергозберігаючі властивості пакета вищі. На жаль, вага такого пакета росте з кожним склом. Бувають однокамерні склопакети (всього два стекла), але доходить і до семи. Вікна ПВХ із багатокамерними пакетами добре зберігають теплоту. Головне, щоб вікно було якісно зібрано та встановлено у віконний отвір. Сучасні дерев'яні вікна та вікна ПВХ – це також енергозберігаючі вікна, вони зберігають теплоту приміщень.

Металопластикові вікна

Металопластикові вікна – це ПВХ склопакет, але в рамі встановлений додатковий металевий профіль, для посилення. Конструкція такого вікна жорсткіша. Такі вікна треба ставити там, де можливі навантаження на раму, що деформують.

Дюралеві вікна

Профіль та рама такого вікна з алюмінієвого сплаву. Такий профіль найдовговічніший, вікно прослужить у півтора рази довше за ПВХ. Виробники заявляють про термін служби майже 100 років. Ціна алюмінієвого профілю вища, технологія виготовлення складніша. Профіль міцний, естетичний. Є й мінуси таких вікон. Метал є гарним провідником теплоти. Для утеплення алюмінієвого профілю, а також багатокамерний (як і ПВХ), порожнину заповнюють утеплювачем. Тільки алюмінієвий профіль, що утеплює, можна віднести до розряду енергозберігаючих вікон.

Якщо порівнювати всі ці технології, то енергозберігаючими є вікна ПВХ і сучасні дерев'яні вікна з встановленими багатокамерними склопакетами. Саме тому енергозберігаюче скло стало застосовувати на таких конструкціях.

1.7 Постановка мети та завдань дослідження

Аналіз сучасного стану та способів підвищення енергоефективності будівель призводить до висновку про необхідність створення енергоефективних проєктів модернізації існуючих забудов для зменшення втрат та найбільш повного використання енергетичних ресурсів.

Основною метою наукового дослідження є проведення енергоаудиту будівлі закладу освіти та розробка відповідних рекомендацій підвищення енергетичної ефективності будівлі шляхом впровадження проєктів з енергозбереження.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні завдання:

- 1) проаналізувати існуючі способи підвищення енергоефективності будівель та сучасні вимоги та норми щодо реалізації проєктів з енергозбереження;
- 2) провести аналіз принципів енергоаудиту будівель закладів освіти;
- 3) провести збір даних та аналіз інформації щодо поточного стану будівлі закладу освіти;
- 4) провести аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі закладу освіти;
- 5) визначити основні показники тепловитрат для елементів огорожувальних конструкцій будівлі;
- 6) провести експериментальні дослідження щодо виявлення фактичних тепловитрат;
- 7) розробити рекомендації щодо підвищення енергетичної ефективності експлуатації будівлі.

Об'єкт дослідження – будівля закладу освіти.

Предмет дослідження – енергоаудит закладу освіти.

1.8 Висновки по розділу 1

1. Було проаналізовано існуючий стан та останні дослідження з енергозбереження.
2. Проведено аналіз заходів щодо модернізації будівлі (утеплення стін, даху, підлоги, заміна вікон та зовнішніх дверей, модернізація теплового пункту, модернізація чи заміна системи опалення, модернізація або заміна системи гарячого водопостачання, модернізація системи вентиляції, заміна індивідуального джерела теплозабезпечення на сучасний, використання енергії відновлюваних ресурсів).
3. Поставлені завдання дослідження.

2. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Тепловізійний контроль

2.1.1 Опис методу

Тепловізійне обстеження (термографія) є ефективним засобом контролю якості теплового захисту будівель. Це неруйнівний дистанційний, оперативний та точний спосіб діагностики стану будівель безпосередньо в експлуатаційному режимі.

В основу методу покладено властивість тепловізійного спостереження безконтактно реєструвати розподіл радіаційної температури на поверхні, що знаходиться в зору тепловізійної камери.

Псевдо-розмальовка термограми відповідає шкалі температур, що автоматично одержується приладом у момент тепловізійної зйомки, відповідно до градуовальної характеристики тепловізора, параметрів об'єкта спостереження та навколишніх умов.

Термограми записуються і надалі обробляються за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Аналіз термограм внутрішніх та зовнішніх поверхонь огорожувальної конструкції дозволяє виявити дефекти теплоізоляції.

Тепловізійне обстеження огорожувальних конструкцій будівель і споруд здійснюють при перепаді температури повітря зовні і всередині приміщень.

Зони зволоження оболонки будівель, особливо покрівлі, а також фільтрації повітря виявляють практично за будь-яких сезонних умов, використовуючи природні добові зміни температури атмосферного повітря та сонячного випромінювання.

Так само успішно можна здійснити тепловізійне обстеження як із зовнішньої, так і з внутрішньої сторони конструкцій, що захищають.

2.1.2 Виявлення дефектів

Внаслідок тепловізійного обстеження виявляють приховані дефекти будівельних конструкцій, ділянки порушення теплової ізоляції, фільтрації повітря, зволоження.

Термографія дає якісну інформацію про теплозахисні властивості огорожувальних конструкцій та разом з опорними вимірами дозволяє оцінити енергетичну ефективність будівель та споруд.

При розшифровці термограм слід приділяти увагу наступним аспектам (рис. 2.1).

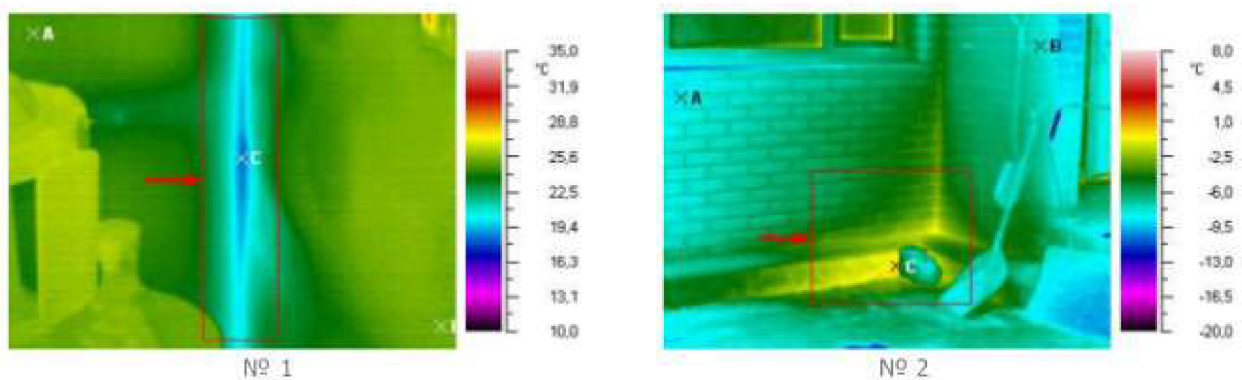


Рис. 2.1 Термограми №1, №2

На термограмі №1 знятої всередині приміщення інтерес представляють області з нижчою температурою (наприклад, точка С). На палітрі кольорів це синій, фіолетовий і чорний кольори (спектр холодних тонів) відповідно. Для порівняння наводиться температура в точці А та В.

Так як термографія є якісним методом оцінки, слід звертати увагу на нерівномірність розподілу температури на ділянках, де згідно з технічним проектом причин для аномалії немає.

На термограмі №2 знятої зовні приміщення ситуація змінюється на протилежну і дефектом може вважатися ділянка жовтого (точка С) і оранжево-червоного кольору (спектр теплих тонів).

На термограмах даних у звіті дефектні зони позначені червоними стрілками або виділені червоним квадратами із зазначенням дефектних точок.

Значення температури грає роль оцінці ризику утворення конденсату (точка роси). Температура точки роси розраховується виходячи з температури та відносної вологості у приміщеннях, або проводиться її прямий інструментальний замір.

2.1.3 Аналіз результатів тепловізійного обстеження

Після того, як здійснено тепловізійну зйомку будівлі, за допомогою спеціального програмного забезпечення проводиться аналіз отриманих термограм, якісна та кількісна оцінка результатів:

Якісний - це аналіз отриманих термограм з метою виявлення аномальних температурних ділянок в огорожувальній конструкції та інтерпретація отриманих теплових зображень.

При цьому виявляються аномальні температурні зони, які можуть бути наслідком різних дефектів будівництва або монтажу, і визначається їхнє розташування на поверхні огорожувальної конструкції.

При якісному аналізі оцінюється площа дефектної зони та характер її розташування щодо реперних (бездефектних) ділянок контролю.

За інтенсивністю та розташуванням аномальних ділянок можна судити про ступінь дефекту.

Кількісний аналіз — це визначення температурних відхилень в аномальних теплових зонах та оцінка ступеня відповідності будівлі вимогам нормативних документів щодо показників теплозахисту.

Основним документом, у якому встановлено показники (критерії) теплового захисту будівель, є БНіП 23-02-2003 згідно з яким встановлено 2 нормативні показники теплової захисту будівель, які застосовуються при проведенні кількісного аналізу термограм:

Температурний перепад між температурою внутрішнього повітря та температурою внутрішньої поверхні огорожувальних конструкції обстежуваного приміщення;

Температура внутрішньої поверхні приміщень, яка повинна бути вищою за температуру точки роси.

У тепловізійному звіті, що надається, дається оцінка спільно за якісними та кількісними показниками.

2.1.4 Схема контролю

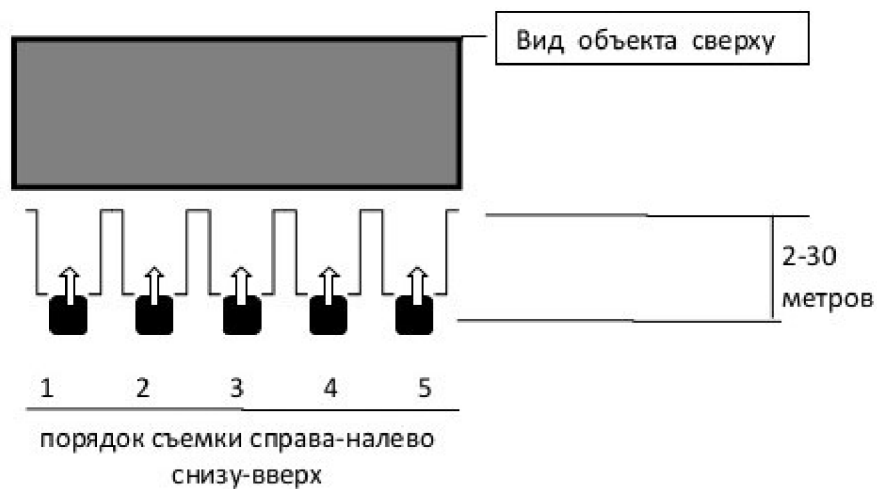


Рис. 2.2 Схема контролю

Контроль об'єкта виконувався відповідно до порядку зазначеного на схемі контролю. При візуальному обстеженні увага зверталася насамперед на ймовірні причини виникнення теплотехнічних дефектів конструкцій, що захищають.

Термографування об'єкта контролю проводилося в «нормалі» (в перпендикулярному напрямку до стіни) або при відхиленні від цього напрямку вліво, вправо, вгору, не перевищує 30° . Вимірювання проводилися з фіксованої відстані. При переміщенні оператора вздовж об'єкта для коректності наступних розрахунків фіксована відстань максимально зберігалася.

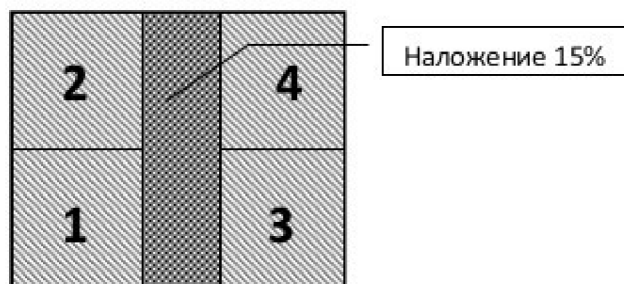


Рис. 2.3 Накладення кадрів

Термографування об'єкта контролю проводилося також і загальним панорамним знімком, що охоплює весь об'єкт контролю, з вертикальними та горизонтальними стиками з накладенням кадрів 15-20%, рухаючись праворуч наліво, знизу-вгору.

2.1.5 Порядок проведення тепловізійного обстеження

Проведено адаптацію приладів до умов навколишнього середовища. Вимірювалася швидкість вітру, вологість, температура повітря та відстань до об'єкта контролю. Параметри вимірювань занесені до тепловізора. Визначався коефіцієнт випромінювання об'єкта контролю для занесення параметра тепловізор.

Проведено візуальний контроль об'єкта на наявність дефектів конструкцій, що захищають. Здійснено термографування об'єкта контролю та фотографування. При неможливості за 1 кадр охопити всю стіну, проведена детальна зйомка, рухаючись зліва-направо, знизу-вгору. Перевірено збережені термограми.

Проведено перенесення результатів зйомки тепловізора та фотоапарата до спеціально підготовлених заздалегідь папок у комп'ютері. Проведено програмну оцінку термограм для складання цього звіту. Після проведення обстеження отримані термограми були оброблені та нормовані за температурною шкалою.

Комп'ютерний аналіз був зроблений для виявлення аномальних зон теплових втрат, їх фото-фіксації та аналізу кількісним та якісним способом. У зв'язку з тим, що тепловізійний контроль є неруйнівним методом контролю

будівельних об'єктів, всі висновки та висновки дані в тепловізійному звіті є технічно достовірними, але мають ймовірний характер щодо точної ідентифікації виявлених прихованих будівельних дефектів.

2.2 Прилади та засоби контролю

Контроль якості теплоізоляції конструкцій виконаний із використанням термографа (тепловізору) «Testo 871».

Під час теплотехнічного обстеження будівлі додатково використовували наступну апаратуру:

- термогігрометр «Testo 622»;
- вимірювач густини теплового потоку та температури ІТП-МГ4.03 «ПОТІК»;
- термоанемометр «Testo 405».

Таблиця 2.1 Технічні характеристики «Testo 871»

	Найменування СІ	Тепловізор
	Виробник	Testo 871
	Марка СІ	871
	Технічні характеристики	
	Розмір детектора, пікселі	240×180
	Якість знімка NETD, мК	90
	Похибка	±2 °C або ±2%
	Температурний діапазон, °C	-30...+650
	Робоча температура, °C	-15...+50
	Тип зонду	інфрачервоний
	Тип зберігання зображення	знімна картка пам'яті SD

Таблиця 2.2 Технічні характеристики «Testo 622»

	Найменування СІ	Термогігрометр
	Виробник	Testo
	Марка СІ	622
	Технічні характеристики	
	Діапазон виміру	300...1200,0 гПа
	Похибка вимірювання вологості ($25 \pm 5^\circ\text{C}$), %	не більше ± 3
	Діапазон вимірювання температури, $^\circ\text{C}$	$-10 \dots +60$
	Похибка вимірювання температури, $^\circ\text{C}$	не більше $\pm 0,4$
	Розміри	185×105×36 мм

Таблиця 2.3 Технічні характеристики «Testo 405»

	Найменування СІ	Термоанемометр
	Виробник	Testo
	Марка СІ	405
	Діапазон вимірів	0...+99990 м ³ /год
	Термоанемометр	
	Діапазон вимірів	0...5 м/с ($-20 \dots 0^\circ\text{C}$) 0...10 м/с ($0 \dots +50^\circ\text{C}$)
	Похибка	$\pm(0.1 \text{ м/с} + 5\% \text{ від вим. знач.})$ $\pm(0.3 \text{ м/с} + 5\% \text{ від вим. знач.})$
	Дозвіл	0.01 м/с
	Вимірювання температур	
	Діапазон вимірів	$-20 \dots +50^\circ\text{C}$
	Похибка	$\pm 0.5^\circ\text{C}$
	Дозвіл	0.1 $^\circ\text{C}$
	Робоча температура	0...+50 $^\circ\text{C}$
	Розміри	490×37×36 мм

2.3 Методи теоретичних досліджень

Оцінка економічної доцільності застосування різних теплоізоляційних матеріалів. Економічну доцільність теплозахисту оцінюється по виконанню двох умов.

Перша умова: чистий дисконтований дохід від застосування обраного теплоізоляційного матеріалу в даній конструкції повинен бути позитивним:

$$P_m = \Delta L \sum_{t=1}^T (1+E)^{-t} - \Delta K \geq 0, \quad (2.1)$$

де P_m - чистий дисконтований дохід, грн./м²;

ΔL - щорічне скорочення експлуатаційних витрат за рахунок зниження тепловтрат через 1 м² поверхні огорожувальної конструкції, грн./(м²·рік);

ΔK - капітальні вкладення в теплоізоляційний шар (на 1 м² поверхні огорожувальної конструкції), грн./м²;

E - норма дисконту, що обрав замовник (при відсутності даних приймається рівної 0,08 рік⁻¹);

T - нормативний термін служби огорожувальної конструкції будинку, років;

t - номер поточного року.

Друга умова: строк окупності капітальних вкладень у теплоізоляційний шар огорожувальної конструкції (з врахуванням дисконтованого прибутку) повинен бути не більше строку окупності банківського вкладу.

Перша умова економічної доцільності при виборі теплоізоляційного матеріалу повинна задовольняти нерівності:

$$c_m \lambda_m \leq 24 c_e f(F) f(r) \alpha_1 D_d n / (R_{req} R_{\square}^*), \quad (2.2)$$

$c_m \lambda_m$ - параметр теплоізоляційного матеріалу, що визначає вартість одиниці термічного опору теплоізоляційного шару площею 1 м², (грн./м²) / (м² · °C/Вт);

- c_m - вартість теплоізоляційного матеріалу, грн./м³;
 λ_m - коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційного матеріалу, Вт/(м·°C);
 c_B - тарифна вартість теплової енергії від обраного джерела тепlopостачання, грн./Вт·год;
 $f_{(F)}$ - функція впливу відносної площі оребріння для тришарових бетонних конструкцій з ребрами й теплоізоляційними вкладишами;
 $f_{(r)}$ - функція впливу теплотехнічної неоднорідності багат шарової конструкції;
 α_1 - коефіцієнт дисконтування експлуатаційних витрат, років;
 R_{req} - нормований наведений опір теплопередачі багат шарової огорожувальної конструкції, (м² · °C/Вт);
 R_0^* - опір теплопередачі тої ж конструкції без теплоізоляційного шару, (м² · °C/Вт);
 D_d - кількість градусо-днів опалювального періоду.

Чисельні значення $f_{(F)}$, $f_{(r)}$, α_1 визначаються по формулах:

$$f_{(F)} = (1 - F_p / F)^{-1}, \quad (2.3)$$

де $\frac{F_p}{F}$ - відношення площі, займаної ребрами, до площі поверхні конструкції (без обліку віконних прорізів);

$$f_{(r)} = r(R_{req} - R_0^*) / (R_{req} - rR_0^*), \quad (2.4)$$

де r - коефіцієнт теплотехнічної однорідності.

$$\alpha_1 = [1 - (1 + E)^{-T}] / E, \quad (2.5)$$

Друга умова економічної доцільності при виборі теплоізоляційного матеріалу повинна задовольняти нерівності:

$$c_m \lambda_m \leq 24 c_B f_{(F)} f_{(r)} \alpha_2 D_d n / (R_{req} R_0^*), \quad (2.6)$$

де α_2 визначається за формулою:

$$\alpha_2 = [1 - (1 + E)^{-(1+1/E)}] / E, \quad (2.7)$$

Всі теплоізоляційні матеріали, що задовольняють двом нерівностям (2.2) і (2.6), забезпечують економічну доцільність застосування їх як теплозахист. При цьому пріоритет варто віддавати матеріалам з найменшим значенням $c_m \lambda_m$, що забезпечує максимальну величину чистого дисконтованого прибутку в даних умовах.

Теплоізоляційні матеріали, що задовольняють тільки першій умові, забезпечують відносну економічну доцільність. Їхнє використання рекомендується тільки за узгодженням із замовником.

Розрахунок строку окупності інвестицій в заміну старих вікон

Строк окупності інвестицій T , років:

$$T = \frac{C}{P}, \quad (2.8)$$

де P - сумарна вартість, зекономленої теплової енергії за один опалювальний період, грн./($m^2 \cdot \text{рік}$);

C – інвестиції, необхідні для проведення заміни старих вікон на обрані нові, грн./ m^2 .

$$P = P_1 + P_2, \quad (2.9)$$

де P_1 - вартість, зекономленої теплової енергії за один опалювальний період, що залежить від підвищення в n разів рівня теплозахисту нових вікон, грн./($m^2 \cdot \text{рік}$);

P_2 - вартість, додатково зекономленої теплової енергії на підігрів холодного повітря, що інфільтрується, яка залежить від зниження повітропроникності нових вікон, грн./($m^2 \cdot \text{рік}$).

$$P_1 = 0,024 \cdot c_v \cdot z_{o.p.} \cdot (Q_{1tp} - Q_{2tp}), \quad (2.10)$$

де c_v - тарифна вартість теплової енергії від обраного джерела тепlopостачання, грн/Вт·год;

$z_{o.p.}$ - тривалість опалювального періоду, діб;

$Q_{1\text{тп}} - Q_{2\text{тп}}$ - кількість зекономленої теплової енергії за рахунок підвищення коефіцієнту теплопередачі при встановленні нових вікон.

$$P_1 = 0,024 \cdot c_v \cdot z_{\text{о.п.}} \cdot (Q_{\text{інф1}} - Q_{\text{інф2}}), \quad (2.11)$$

де $Q_{\text{інф1}} - Q_{\text{інф2}}$ - кількість зекономленої теплової енергії за рахунок зниження повітропроникності при встановленні нових вікон.

Простий строк окупності $T_{\text{п}}$, років, визначається:

$$T_{\text{п}} = \frac{I}{\Xi_{\text{зод}}}, \quad (2.12)$$

де I - інвестиції у реалізацію даного заходу (із всіх джерел фінансування), грн.;

$\Xi_{\text{рік}}$ - річна економія паливно-енергетичних ресурсів за рахунок впровадження енергозберігаючого заходу, грн./рік.

Чистий дисконтований прибуток розраховується по формулі:

$$\text{ДД} = \sum_{t=0}^T (D_t - Z_t - I_t)(1 + E)^{-t}, \quad (2.13)$$

де D_t - грошові надходження від реалізації заходу в t -м році, грн.;

Z_t - експлуатаційні витрати, викликані реалізацією заходу й інші платежі (податки, мита й т.ін.) в t -м році, грн.;

I_t - інвестиції (капітальні вкладення) в t -м році, грн.;

T - період, протягом якого здійснюються інвестиції й експлуатація встаткування, а також надходить дохід від реалізації заходу, років;

E - ставка дисконтування або норма дисконту, що дорівнює прийнятій для інвестора нормі доходу на капітал.

Внутрішня норма прибутковості ($E_{\text{вн}}$) виводиться шляхом рішення наступного рівняння:

$$\sum_{t=1}^T (D_t - Z_t)(1 + E_{\text{вн}})^{-t} = \sum_{t=1}^T I_t(1 + E_{\text{вн}})^{-t} \quad (2.14)$$

або графічним методом.

Індекс прибутковості (Π_i) визначається як відношення різниці прибутку й витрат при реалізації заходу до величини капітальних вкладень (наростаючим підсумком за розрахунковий період T):

$$\Pi_i = \frac{\sum_{t=1}^T (D_t - Z_t)(1+E)^{-t}}{I_0 + \sum_{t=1}^T I_t(1+E)^{-t}}. \quad (2.15)$$

2.4 Висновки по розділу 2

1. Визначена структура наукового дослідження для вирішення поставлених завдань.

2. Наведені методи теоретичного дослідження для розробки переліку типових, загальнодоступних заходів з енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності, проведення вартісної оцінки заходів.

3. Наведені методи експериментального дослідження для отримання об'єктивних даних про обсяг використовуваних енергетичних ресурсів; визначення показників енергетичної ефективності; визначення потенціалу енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності.

3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ

3.1 Загальна характеристика та стан об'єкта дослідження

Об'єкт дослідження – заклад освіти, розташований за адресом: м. Київ вул. Йорданська 22а (рис. 3.1). Загальна інформація про об'єкт представлено в табл. 3.1, 3.2, 3.3.

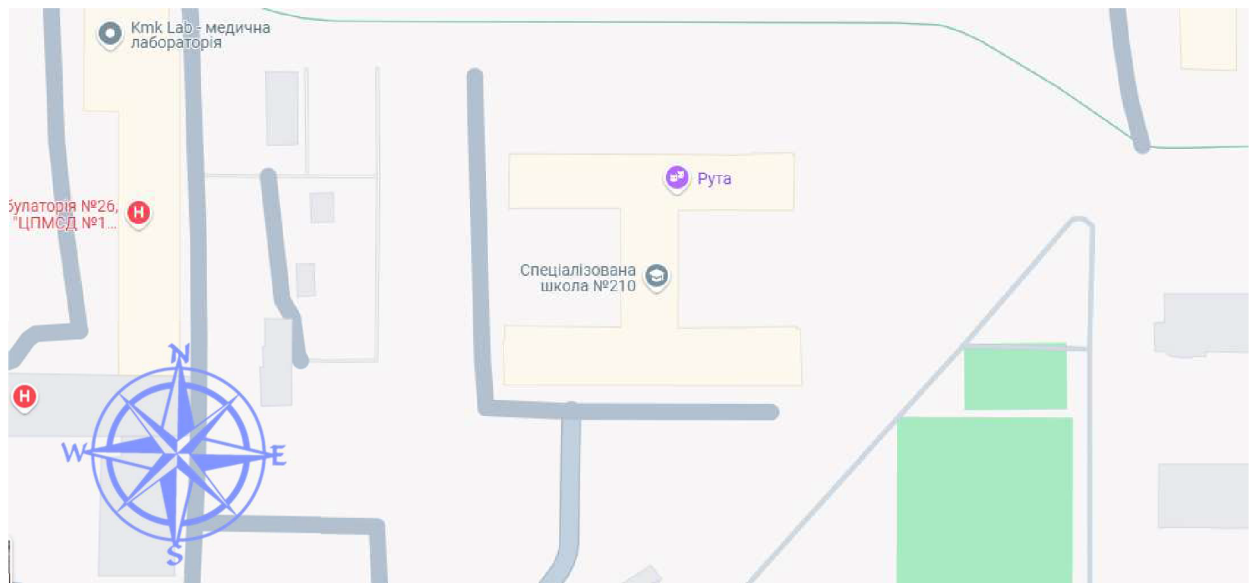


Рис. 3.1. Розташування будівлі на Google карті

Таблиця 3.1 Загальна інформація про об'єкт

Периметр, м	443,1	Кількість поверхів	2
Площа забудови, м ²	3267	Висота будівлі, м	10,40

Таблиця 3.2 Розрахункові параметри

Розрахунковий параметр	Величина
Розрахункова температура внутрішнього повітря, t_e °C	21,00
Розрахункова температура зовнішнього повітря, t_z °C	-22,00
Тривалість опалювального періоду, z_{on} доба	187
Розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду	3750

Таблиця 3.3 Геометричні показники

Показники	Позначення та розмірність показника	Фактичне значення показника
Загальна площа огорожувальних конструкцій будинку	$F_{\Sigma}, \text{м}^2$	8550,25
В тому числі:		
- стін	$F_{\text{ст}}, \text{м}^2$	3306,00
- вікон і балконних дверей	$F_{\text{сн в}}, \text{м}^2$	1322,47
- горищних перекриттів	$F_{\text{пк хг}}, \text{м}^2$	3204,00
- перекриттів над неопалюваними підвалами та підпіллями	$F_{\text{ц2}}, \text{м}^2$	676,20
Площа опалювальних приміщень	$F_h, \text{м}^2$	6230,00
Опалювальний об'єм	$V_h, \text{м}^3$	18690,00
Коефіцієнт скління фасадів будинку	$m_{\text{ск}}$	0,28

3.2 Обстеження огорожувальних конструкцій

3.2.1 Стіни

Загальний стан огорожуючих конструкцій (стіни) представлено в табл. 3.4 і рис. 3.2.

Таблиця 3.4 Обстеження стін

Загальна оцінка існуючого стану				Задовільний				
Зовнішня загальна площа, м^2				3598,00				
Внутрішня загальна площа, $F_{\text{ст}}, \text{м}^2$				3306,00				
Товщина стіни, мм				330,00				
Конструкція стіни				Керамзитобетон 330 мм				
Орієнтація	Пн	Пн-Сх	Сх	Пд-Сх	Пд	Пд-Зх	Зх	Пн-Зх
Площа стіни, м^2	910,00	–	990,00	–	779,00	–	919,00	–



Рис. 3.2. Загальний вигляд стін

3.2.2 Горище та покриття будівлі

Загальний стан горища та покриття будівлі представлено в табл. 3.5 і на рис. 3.3.

Таблиця 3.5 Обстеження горища та покриття будівлі

Загальна оцінка існуючого стану	Незадовільний
Загальна площа, м ²	3204,00
Тип горища	Неопалюване
Конструкція перекриття між останнім поверхом і горищем	Залізобетон: 220 мм; Руберойд: 50 мм; Розчини будівельні. Розчин цементно-піщаний: 25 мм



Рис. 3.3. Загальний вигляд горища

3.3.3 Вікна

Загальний стан вікон будівлі представлено в табл. 3.6 і на рис. 3.4.

Таблиця 3.6 Обстеження вікон

Загальна оцінка існуючого стану				Незадовільний				
Загальна площа, м ²				1322,47				
Тип матеріалу				Дерево та ПВХ				
Варіант скління				4М1-16-4М1				
Орієнтація	Пн	Пн-Сх	Сх	Пд-Сх	Пд	Пд-З	З	Пн-З
Площа дерев'яних вікон, м ²	248,26	–	53,18	–	335,58	–	–	–
Площа ПВХ вікон, м ²	–	–	356,59	–	–	–	328,87	–
Загальна площа, м ²	248,26	–	409,77	–	335,58	–	328,87	–



Рис. 3.4. Загальний вигляд вікон

3.3.4 Двері

Загальний стан дверей представлено в табл. 3.7 і рис. 3.5.

Таблиця 3.7 Обстеження дверей

Загальна оцінка існуючого стану	Незадовільний
Загальна площа, м ²	31,47
Тип матеріалу	Дерево; Метал



Рис. 3.5. Загальний вигляд дверей

3.3.5 Цокольна частина будівлі

Загальний стан цокольної частини будівлі представлено в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 Обстеження цокольної частини будівлі

Загальна оцінка існуючого стану	Незадовільний
Загальна площа, м ²	487,41
Середня висота цоколю, м	1,10
Товщина стіни, мм	340,00
Конструкція стіни	Керамзитобетон: 330 мм

3.3.6 Підвал будинку та цокольне перекриття

Загальний стан цокольної частини будівлі представлено в табл. 3.8.

Таблиця 3.9 Обстеження підвалу будівлі та цокольного перекриття

Загальна оцінка існуючого стану	Незадовільний
Загальна площа, м ²	676,20
Тип підвалу	Неопалюваний
Висота підвалу, м	2,70
Конструкція перекриття	Залізобетон: 220 мм; Розчин цементно-піщаний: 20 мм; сосна: 30 мм; лінолеум: 5 мм

3.3 Теплотехнічні та енергетичні показники будівлі

Теплотехнічні показники оболонки будівлі представлено в табл. 3.10.

Таблиця 3.10 Теплотехнічні показники оболонки будівлі

Показники	Позначення і розмірність показника	Нормативне значення показника	Розрахункове (значення після модернізації)	Фактичне значення показника
Приведений опір теплопередачі огорожувальних конструкцій	$R_{\Sigma PP},$ $m^2 \cdot K/W$			
стін	$R_{\Sigma PP-НП}$	2,80	3,00	1,08
цоколю	$R_{\Sigma PP-ЦП}$	2,80	3,00	0,66
вікон і балконних дверей	$R_{\Sigma PP-СП-В}$	0,60	0,52	0,32
вхідних дверей	$R_{\Sigma PP-Д}$	0,44	0,39	0,39
горищних перекриттів	$R_{\Sigma PP-ХГ}$	3,30	2,67	1,1
перекриттів над неопалюваними підвалами	$R_{\Sigma PP-Ц2}$	3,50	2,39	2,24

Теплові витрати розраховувалися для кожного типу огорожувальних конструкцій окремо з деталізацією по сторонам світу. Отримані результати зведені до табл. 3.11 та на рис. 3.6.

Таблиця 3.11 Тепловитрати через огорожувальні конструкції

Огорожувальна конструкція	Теплові витрати, Вт	Питомі витрати, Вт/м ²
Вікна, тип 1	123578	186,96
Вікна, тип 2	47372	71,67
Зовнішні стіни	143254	39,81
Дах	26433	39,09
Підлога	12981	19,20
Двері	3470	110,26
Цоколь	31756	65,15
Разом	388843	532,13

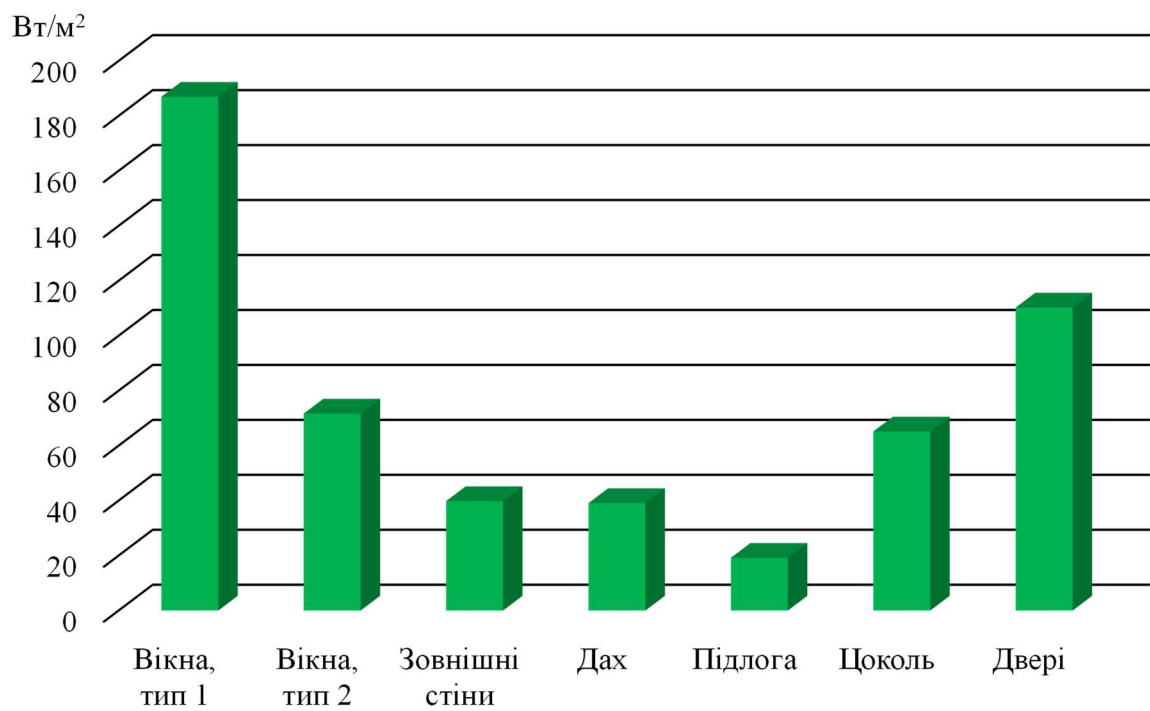


Рис. 3.6. Показник питомих тепловитрат через окремі огорожувальні конструкції

Виправлення проблем, пов'язаних з тепловтратами через зовнішні стіни, вікна, дах та підлогу, може бути першочерговим кроком у покращенні енергоефективності будівлі. Оскільки ці ділянки відповідають за найбільшу частину тепловтрат, їхнє вдосконалення може суттєво знизити загальні витрати енергії на опалення та охолодження приміщення.

З отриманням результатів попередніх розрахунків необхідно звести кругову діаграму, приведену на рис. 3.7 та доповнюється зведена таблиця теплових втрат, табл. 3.12.

Таблиця 3.12 Теплові втрати будівлі

1) Витрати тепла шляхом теплопередачі, кВт	
- вікна	170,950
- зовнішні стіни	175,009
- дах	26,433
- підлога	12,981

- двері	3,470
Σ	388,843
2) Витрати тепла шляхом інфільтрації, кВт	
Σ	60,0
Сумарні витрати тепла	448,843 кВт

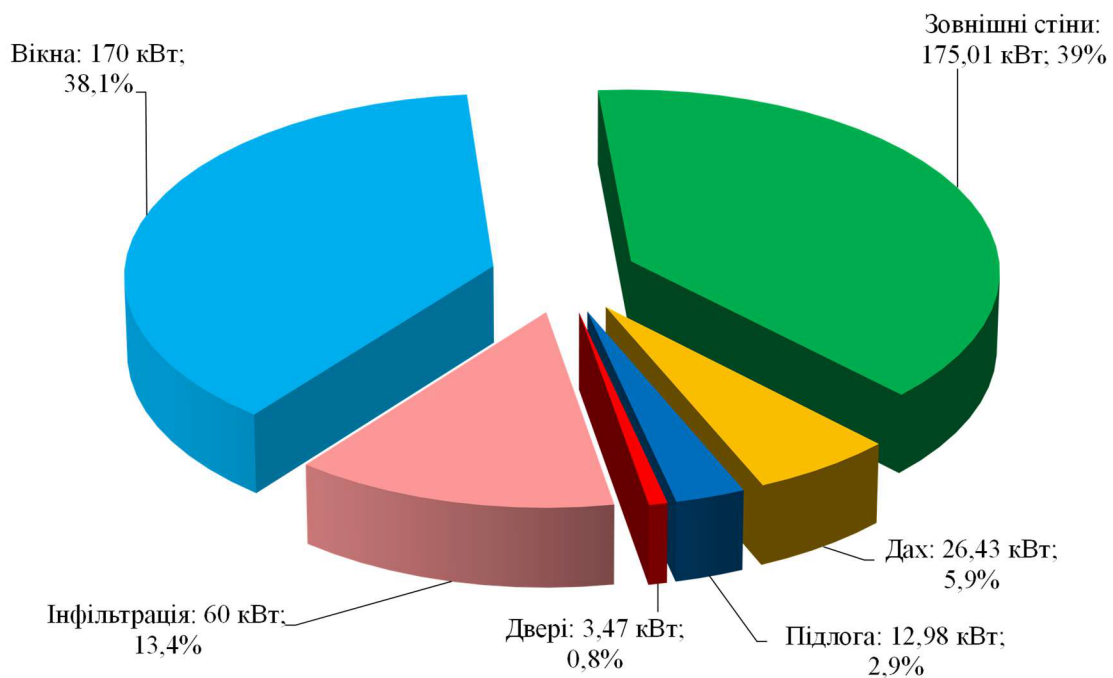


Рис. 3.7. Розподіл існуючих теплових втрат в корпусі будівлі

Аналізуючи отриману інформацію визначаємо, що найбільшу кількість теплоти корпус втрачає через зовнішні стіни 39,0 % і вікна – 38,1 % загальних тепловтрат, через дах – 5,9 %, через підлогу – 2,9 %, через входні двері – 0,8 %.

На даний момент будівля не відповідає існуючим нормативним вимогам та потребує комплексного підходу в реалізації енергоефективних заходів.

3.4 Тепловізійний контроль опалення. Карти дефектів

Були проведені натурні випробування зовнішніх конструкцій об'єкта, що захищають, з метою контролю якості теплового захисту будівлі (рис. 3.8 - 3.19).

До складу натурних випробувань входить:

– тепловізійне обстеження внутрішніх та зовнішніх поверхонь огорожувальних конструкцій відповідно;

– проведення вимірювань метеоумов та температурних режимів приміщень під час проведення тепловізійної зйомки.

Умови контролю:

1) Температура навколишнього середовища від 4°C та зовнішня відносна вологість 83% була в межах працездатності засобів вимірювань.

2) Вимірювання проводилися за відсутності сонячного освітлення протягом 12 годин перед проведенням термографування.

3) Середній тепловий напір становив 16°C .

4) Коефіцієнт випромінювання об'єкта контролю був понад 0,7.

5) Тепловий контроль проводився без опадів, туману при швидкості вітру 2 м/с.

Після проведення аналізу навколишнього середовища (температура та вологість повітря, температура обстежуваних поверхонь) відповідно до отриманих параметрів налаштовувався тепловізор. Вимірювання температур поверхонь у реперних ділянок проводилися цифровим контактним термометром з похибкою трохи більше $0,5^{\circ}\text{C}$. Температури реперних ділянок порівнюються з виміряними температурами тепловізором. Під час проведення обстеження враховувався вплив коефіцієнта випромінювання поверхні ε .

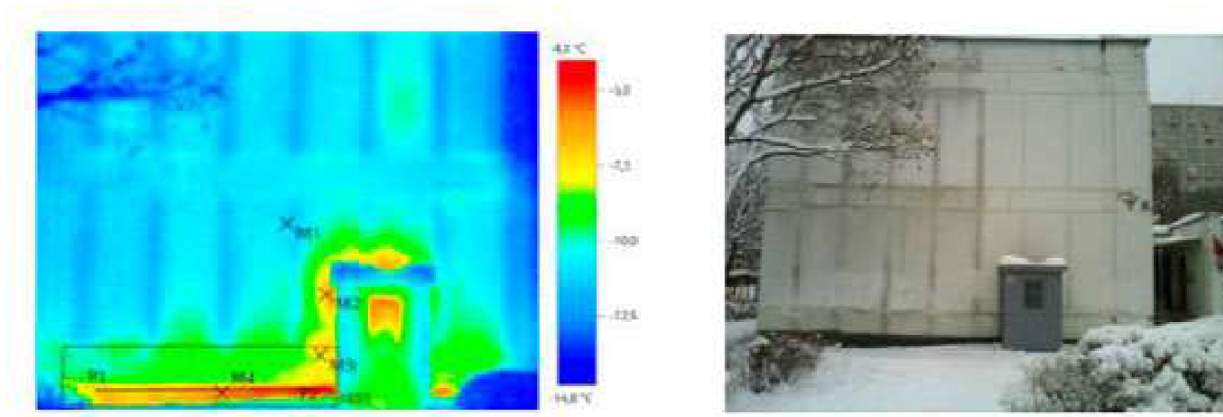


Рис. 3.8. Термограми будівлі

Надмірні теплові втрати через цоколь будівлі.

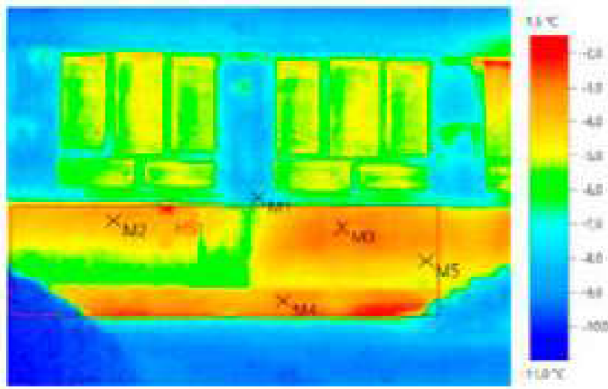


Рис. 3.9. Термограми будівлі

Надмірні теплові втрати через цоколь та фасад будівлі.

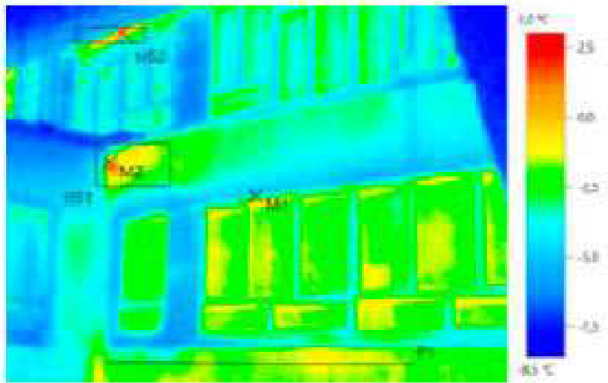


Рис. 3.10. Термограми будівлі

Виявлено незначні ділянки ексфільтрації теплого повітря із внутрішніх приміщень будівлі.

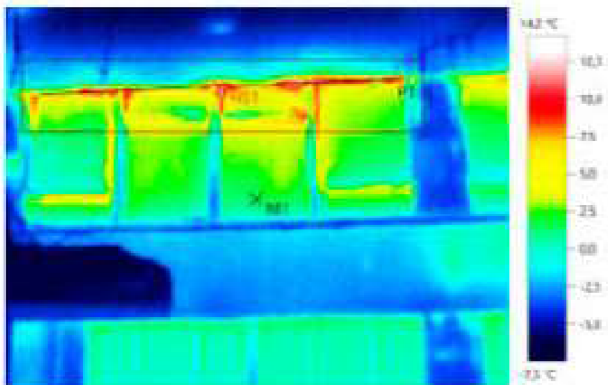


Рис. 3.11. Термограми будівлі

Виявлено значні ділянки ексфільтрації теплого повітря із внутрішніх приміщень будівлі через світлопрозорі конструкції.

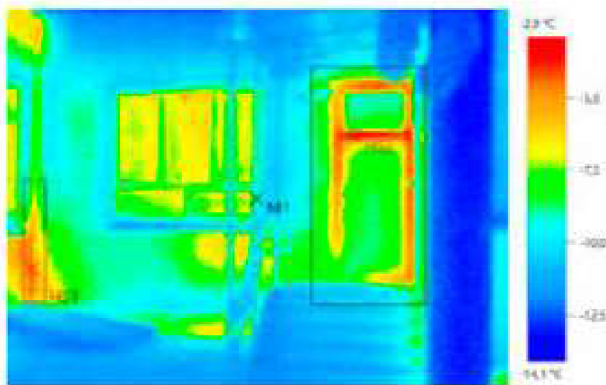


Рис. 3.12. Термограми будівлі

Надмірні теплові втрати через входні двері.

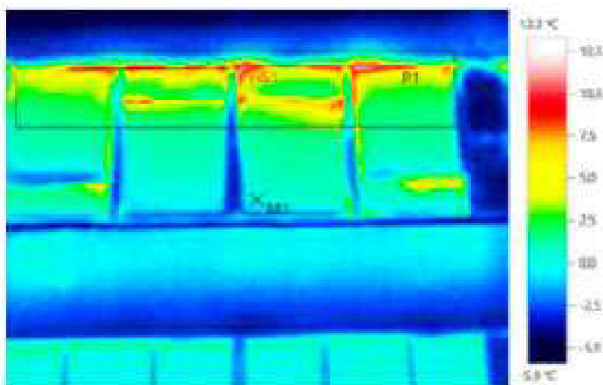


Рис. 3.13. Термограми будівлі

Виявлено незначні ділянки ексфільтрації теплого повітря із внутрішніх приміщень будівлі через світлопрозорі конструкції.

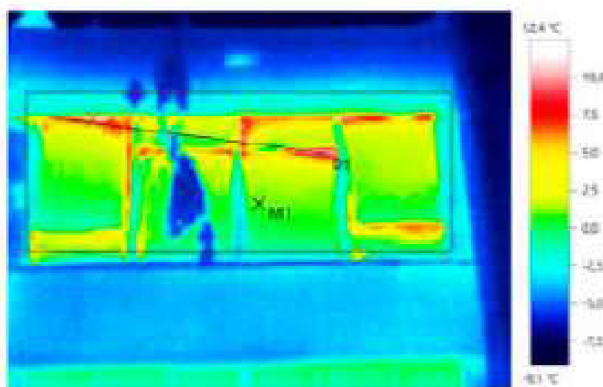


Рис. 3.14. Термограми будівлі

Виявлено незначні ділянки ексфільтрації теплого повітря із внутрішніх приміщень будівлі через світлопрозорі конструкції.

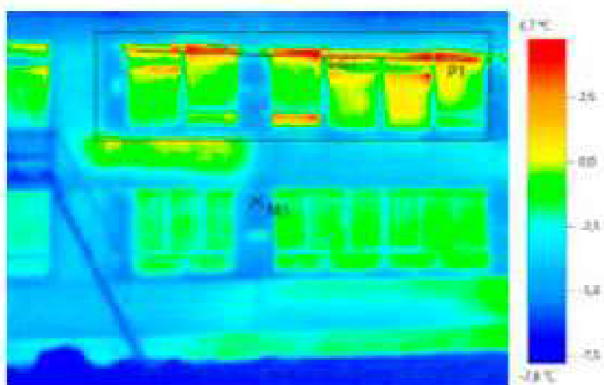


Рис. 3.15. Термограми будівлі

Виявлено незначні ділянки ексфільтрації теплого повітря із внутрішніх приміщень будівлі через світлопрозорі конструкції.

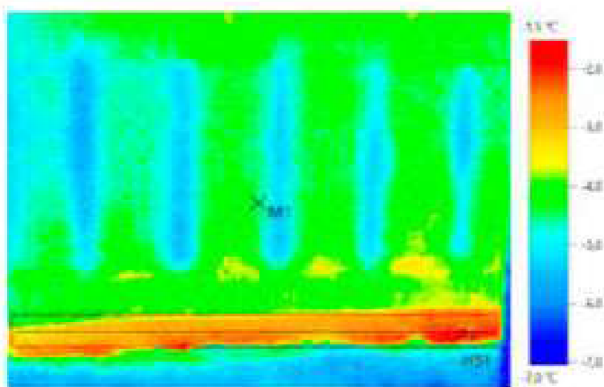


Рис. 3.16. Термограми будівлі

Надмірні теплові втрати через цоколь будівлі.

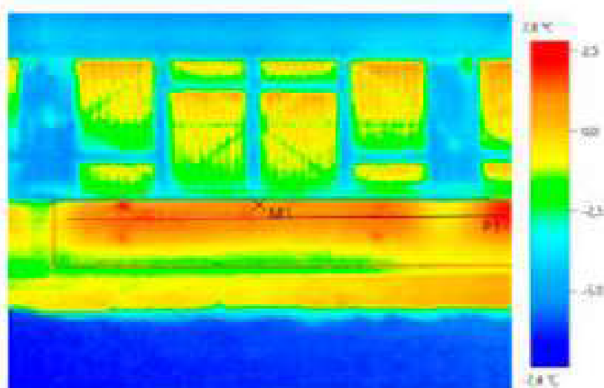


Рис. 3.17. Термограми будівлі

Надмірні теплові втрати через цоколь будівлі та світлопрозорі конструкції.

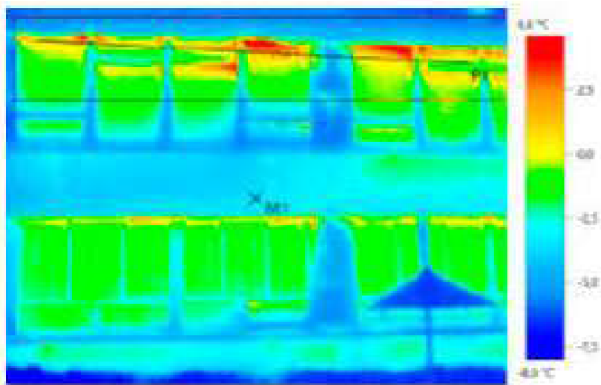


Рис. 3.18. Термограми будівлі

Виявлено незначні ділянки ексфільтрації теплого повітря із внутрішніх приміщень будівлі через світлопрозорі конструкції.

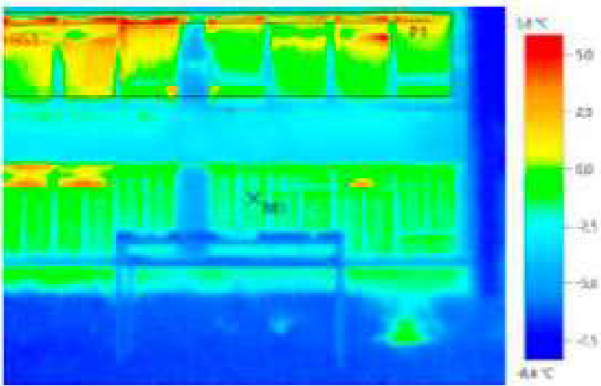


Рис. 3.19. Термограми будівлі

Виявлено незначні ділянки ексфільтрації теплого повітря із внутрішніх приміщень будівлі через світлопрозорі конструкції.

Висновок. За результатами тепловізійного обстеження виявлено надлишкові теплові втрати через цоколь будівлі. Для усунення або зниження рівня теплових втрат необхідно провести реконструкцію цоколя будівлі з подальшим утепленням.

Під час обстеження виявлено теплові втрати через світлопрозорі конструкції (віконні блоки другого поверху), необхідно провести роботи з їх демонтажу та встановлення сучасних світлопрозорих конструкцій із наведеним опором теплопередачі зовнішніх огорож не менше $0,55 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$.

3.5 Аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі

Основними енергоресурсами, що споживаються при експлуатації житлового будинку є електроенергія, теплопостачання та вода. Їх фактичне споживання наведено в табл. 3.13 та рис. 3.20.

Таблиця 3.13 Сумарні витрати коштів на енергопостачання будинку

Енергоресурси	2022	2023	2024
Електроенергія, кВт · год	51648,00	77130,00	89630,00
Електроенергія, грн.	223119,00	333201,00	387201,00
Теплопостачання, Гкал	589,00	611,00	706,00
Теплопостачання, грн.	974447,00	1010844,00	1168013,00
Водопостачання, м ³	10404,00	10072,00	9806,00
Водопостачання, грн.	168170,00	162804,00	158504,00
Всього нараховано, грн.	1365736,00	1506849,00	1713718,00

В результаті проведеної роботи була зібрана та проаналізована інформація щодо споживання електроенергії та теплопостачання і водопостачання за останні три роки (рис. 3.20).

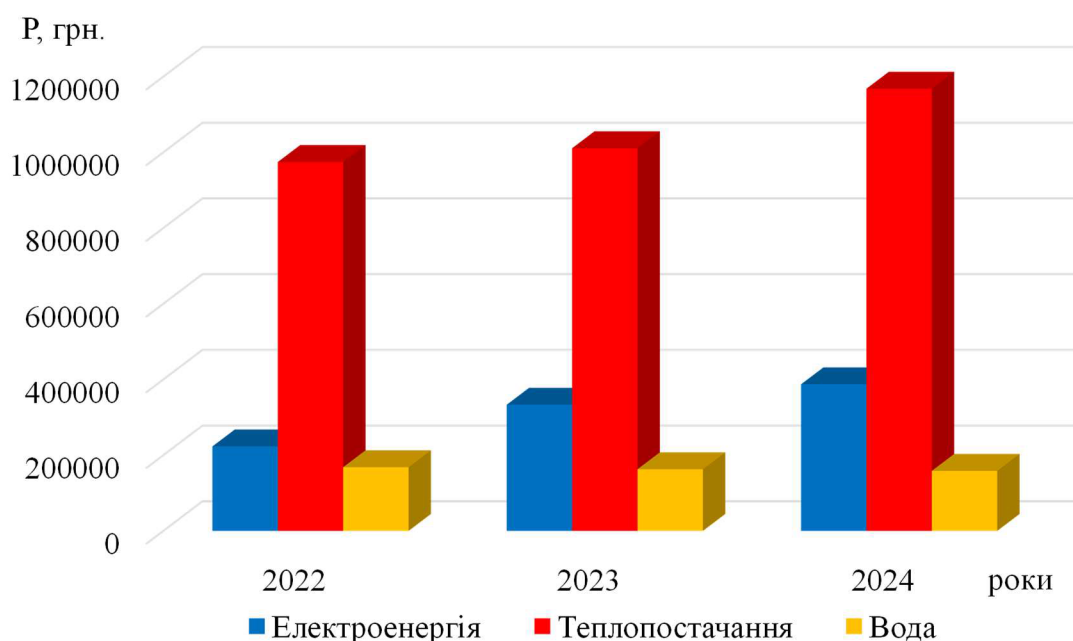


Рис. 3.20. Витрати коштів на енергопостачання будівлі

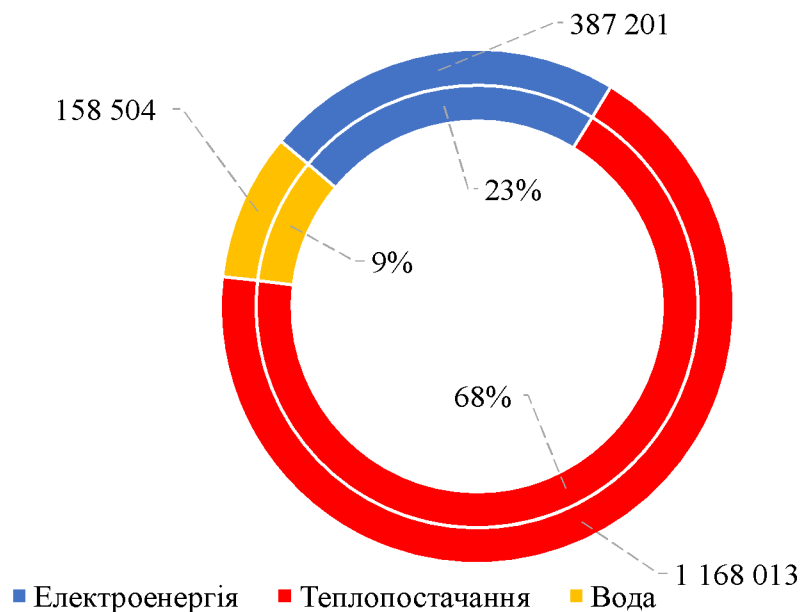


Рис. 3.21. Сумарні витрати коштів на енергопостачання будівлі

Виявлено помірне зростання споживання електроенергії будинком взимку, що може бути зумовлено підігрівом приміщення за рахунок користування електричними опалювальними пристроями (рис. 3.20). Майже 70% витрат коштів становлять витрати на теплопостачання (рис. 3.21).

3.6 Висновки по розділу 3

1. За результатами обстеження будівлі закладу освіти встановлено стан її основних елементів на даний час.
2. Виконано аналіз інформації щодо споживання електроенергії, палива та води за останні 3 роки, який може виявити патерни, тенденції та фактори, які впливають на ці показники.
3. Виявлено місця підвищених тепловтрат і відповідно визначено основні причини ненормованих теплових витрат.
4. Визначені значення приведенного опору всіх огорожувальних конструкцій. Показано, що майже для всіх існуючих типів огорожувальних конструкцій необхідно вжити енергозберігаючі заходи.

5. Виконано аналіз витрат тепла через огорожувальні конструкції. Встановлено баланс тепловитрат по будівлі, з них найбільша частина втрачається через зовнішні стіни (39 %), вікна (38,1 %) і дах (5,9 %).

4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

За результатами проведених досліджень була зібрана первинна інформація про технічний стан будівлі, а також статистика енергоспоживання будівлі за останні три роки. Аналіз зібраної інформації показав, що огорожувальні конструкції будівлі перебувають у незадовільному стані, а питоме споживання теплової енергії перевищує нормативне значення. Корпус відноситься до класу «F» енергетичної ефективності. З метою підвищення енергетичної ефективності будівлі, а також поліпшення кліматичних умов у приміщеннях необхідне проведення енергозберігаючих заходів.

Для впровадження проєкту енергозбереження будівлі були запропоновані такі заходи:

- заміна старих вікон на нові металопластикові;
- заміна дверей;
- теплоізоляція стін;
- теплоізоляція цокольної частини будівлі;
- дооснащення радіаторними рефлекторами.

4.1 Оцінка витрат

Витрати на реконструкцію та модернізацію об'єктів можна розділити на кілька ключових аспектів, які важливо враховувати під час аналізу капітальних витрат:

1. *Витрати на заміну та оновлення обладнання.* Включають витрати на купівлю нового обладнання, його транспортування, встановлення та налагодження.

2. *Будівельні роботи.* Сюди входять витрати на реконструкцію існуючих будівель та споруд, покращення інфраструктури, будівництво нових об'єктів. Це можуть бути як капітальні роботи (наприклад, заміна фундаменту, стін, даху), так і роботи з покращення естетичної та функціональної частини об'єктів.

3. *Монтажні роботи.* Включають роботи, пов'язані з встановленням та підключенням нового обладнання, а також його інтеграцією в існуючу систему.

4. *Інженерні та комунікаційні роботи.* Включають роботи з модернізації та оновлення інженерних мереж, таких як опалення, вентиляція, електропостачання, водопостачання та каналізація.

5. *Прейскуранти та розцінки.* Для точного розрахунку капітальних витрат важливо враховувати актуальні розцінки на обладнання та будівельні роботи, а також ринкові ціни на матеріали та комплектуючі.

6. *Нормативи та стандарти.* Витрати можуть також включати витрати на дотримання будівельних норм і стандартів безпеки, екології, енергозбереження та інших нормативних актів.

7. *Інші додаткові витрати.* Це можуть бути витрати на проектні роботи, дозвільну документацію, інженерні дослідження, а також непередбачені витрати, що виникають у процесі роботи.

Аналіз капітальних витрат у процесі реконструкції або модернізації зазвичай починається з детального кошторису, який допомагає прогнозувати можливі витрати та оцінити фінансові ризики.

1) *Заміна старих вікон на нові (двокамерний енергозберігаючий склопакет) (табл. 4.1).*

Таблиця 4.1 Витрати на заміну вікон

Найменування пунктів витрат	Вартість, грн/м ²	Загальна площа, м ²
1. Закупівля матеріалів:		
- двокамерний склопакет з енергозберігаючим склом Steko S-300	1750,00	661,0
- підвіконня.	130,00	
2. Монтажні роботи	200,00	Сумарна вартість
Сумарна вартість одиниці, Σ =	2080,00	1374880,00

2) *Заміна дверей (табл. 4.2).*

Таблиця 4.2 Витрати на заміну дверей

Найменування пунктів витрат	Вартість, грн/ м ²	Загальна площа, м ²
1. Закупівля матеріалів: - двокамерні металопластикові двері Steko S-600	4900	31,47
2. Монтажні роботи	250,00	Сумарна вартість
Сумарна вартість одиниці, Σ =	5150,00	162070,50

3) *Теплоізоляція зовнішніх стін будівлі (застосування в якості утеплювача сучасний пінополістерол) (табл. 4.4).*

Таблиця 4.4 Витрати на теплоізоляцію зовнішніх стін

Найменування пунктів витрат	Вартість, грн/м ²	Площа, м ²
1. Закупівля матеріалів: - пінополістерол Technoplex 100 мм; - клей «Артисан С-14»; - дюбеля Koelner KI-120/10 м; - сітка ССШ-160; - ґрунтовка «Артисан №7»; - ґрунтуюча фарба «Артисан №6» - шпаклівка «Артисан С-31»; - фасадна фарба «Артисан Ф-8».	234,00 38,20 19,75 78,00 4,26 15,56 30,50 15,20	3598
2. Монтажні роботи	150,00	Сумарна вартість
Сумарна вартість одиниці, Σ =	585,47	2106521,00

4) *Встановлення тепловідбитовхуючого екрану між приладами опалення та стіною (табл. 4.3).*

Таблиця 4.3. Витрати на встановлення тепловідштовхуючого екрану

Найменування пунктів витрат	Вартість, грн/м ²	Загальна площа, м ²
1. Закупівля матеріалів:		
- пінофол ППЕ, одностороннє фольгування (5 мм);	43,8	127,3
- скотч прозорий двосторонній (18 ммх10м) «САМАТ».	52,8	
2. Монтажні роботи	24,00	Сумарна вартість
Сумарна вартість одиниці, Σ =	120,6	15316,00

5) Теплоізоляція цоколю будівлі (застосування в якості утеплювача сучасний пінополістерол) (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 Витрати на теплоізоляцію цоколю

Найменування пунктів витрат	Вартість, грн/м ²	Площа, м ²
2. Закупівля матеріалів:		
- базальтова вата BauGut 100 мм;	617,00	
- клей «Артисан С-14»;	38,20	
- дюбеля Koelner KI-120/10 м;	19,75	
- сітка ССШ-160;	78,00	487,41
- ґрунтовка «Артисан №7»;	4,26	
- ґрунтуюча фарба «Артисан №6»	15,56	
- шпаклівка «Артисан С-31»;	30,50	
- фасадна фарба «Артисан Ф-8».	15,20	
2. Монтажні роботи	150,00	Сумарна вартість
Сумарна вартість одиниці, Σ =	968,47	472042,00

4.2 Економічне обґрунтування варіантів термомодернізації

Таблиця 4.5 Основні показники заходів

Заходи	Річні збереження		Інвестиції грн.	Строк окупності (років)
	Гкал	грн.		
Заміна старих вікон	139,96	231546,82	1374880,00	5,94
Заміна дверей	6,43	10637,81	162070,50	15,24
Теплоізоляція стін	186,53	308605,29	2106521,00	6,83
Теплоізоляція цоколю	44,51	73636,50	472042,00	6,41
Модернізація системи опалення	9,63	15936,01	15316,00	0,96
Всього	387,06	640362,44	4130829,50	

Обираючи остаточні енергозберігаючі заходи потрібно порівняти необхідні інвестиції для їх впровадження з економією коштів в наслідок їх проведення (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 Варіанти термомодернізації

Вид робіт	Варіант				Вартість робіт, грн.
Модернізація системи опалення	+	+	+	+	15316,00
Теплоізоляція цоколю	+	+	+	+	73636,50
Заміна старих вікон	+	+	+	-	1374880,00
Теплоізоляція стін	+	+	-	+	2106521,00
Заміна дверей	+	-	+	+	162070,50
Всього, грн.	4130829,50	3570353,50	1625903,00	2357544,00	4130829,50

4.3 Оцінка фінансової ефективності

Оцінка й порівняння різних проєктів енергозбереження і прийняття рішення щодо фінансування енергозберігаючих заходів приймається на підставі розрахунку чистого дисконтованого доходу (ДД), внутрішньої норми прибутковості ($E_{вн}$) і індексу прибутковості (ІП). Показники рентабельності запропонованих проєктів наведені у табл. 4.12.

Таблиця 4.7 Рентабельність запропонованих проєктів

№ проєкту	Інвестиції, грн.	Економія, $E_{рік}$, грн./рік	Строк окупності, Т, років	Диск. строк окупності, Т _д , років	Чистий дисконт. прибуток ДП	Вн. норма прибутковості $E_{вн}$, %	Індекс прибутковості ІП
1.	4130829,50	640362,44	6,45				1,1
2.	3570353,50	629724,63	5,67			8,5%	1,1
3.	1625903,00	331757,15	4,90			9%	1,15
4.	2357544,00	408815,61	5,77			10%	1,2

Проєкти №3 відповідає умові простого строку окупності капітальних вкладень, що застосовується для попередньої оцінки енергозберігаючого заходу на стадії його розробки і повинен не перевищувати 5 років.

Дисконтований строк окупності не повинен перевищувати 10 років. Цій умові відповідають тільки **другий та третій** проєкти.

Всі три проєкти є економічно доцільними, найбільші прибутки інвестори отримують при впровадженні **Проєкту 2 та Проєкту 3.**

Більш ефективним є проєкт з найбільш високою внутрішньою нормою прибутковості. При виконанні цієї умови найбільш економічно ефективним є **Проєкт 3.**

При необхідності вибору енергозберігаючого заходу з декількох більше ефективним є захід з більше високим індексом прибутковості. Найвищий індекс прибутковості у Проекта 3 (табл. 4.8).

Таблиця 4.8 Проект енергозбереження будівлі закладу освіти №3

№ п/п	Енергозберігаючі заходи	Потрібні інвестиції, грн.	Економія коштів, грн./рік
1.	Модернізація системи опалення	15316,00	15936,01
2.	Теплоізоляція цоколю	73636,50	73636,50
3.	Заміна старих вікон	1374880,00	231546,82
4.	Заміна дверей	162070,50	10637,81
	Σ=	1625903,00	331757,15

4.4 Висновки по розділу 4

1. Визначено основні економічні показники енергозберігаючих заходів по заміні старих вікон, дверей, встановлення енергозберігаючих екранів між приладами опалення та стіною, теплоізоляції цоколю будівлі.

2. Запропоновано варіанти проектів енергозбереження з розробкою структури фінансування. Визначена оцінка фінансової ефективності розроблених проектів. Надалі обрано найбільш економічно ефективний Проект №3 щодо підвищення ефективності енергоспоживання будівлею закладу освіти, економія від якого складає **25884,42 грн./рік при внутрішній нормі прибутковості 10 %.**

5 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

Охорона праці являє собою систему взаємозалежних законодавчих, соціально-економічних та організаційних заходів, спрямованих на безпеку та найбільш сприятливі умови праці.

Відповідно до чинного законодавства обов'язки щодо забезпечення безпечних умов охорони праці в організації покладаються на роботодавця.

Роботодавці зобов'язані перед допуском працівників до роботи, а надалі періодично у встановлені строки та в установленому порядку проводити навчання та перевірку знань правил охорони та безпеки праці з урахуванням їх посадових інструкцій чи інструкцій з охорони праці у порядку, що визначається Урядом України. Встановлення єдиних вимог перевірки знань осіб, відповідальних забезпечення безпеки праці, здійснюється органами державної влади України відповідно до їх повноваженнями.

В організації мають бути створені умови для вивчення працівниками правил та інструкцій з охорони праці, вимоги яких поширюються на цей вид виробничої діяльності. Комплект документів з охорони та безпеки праці має бути у кожному виробничому підрозділі організації та надаватися працівникам для самопідготовки.

5.1 Техніка безпеки

До монтажних робіт допускаються особи, які добре знають конструкцію обладнання, прийоми робіт при експлуатації, технічне обслуговування та ремонт обладнання.

Відповідно [15] робочі місця повинні бути обладнані необхідними лісами, підмостками, огорожами, захисними та запобіжними пристроями та пристроями. Замінювати підмостки випадковими опорами не дозволяється.

Доступ стороннім особам на робочі місця заборонено. Місця, де встановлюють приставні сходи, повинні огорожуватись або охоронятись.

Механізми, верстати та інструменти повинні відповідати характеру виконуваних робіт та бути у справному стані. Площа навколо механізмів захищати сторонніми предметами на відстані ближче ніж 1,5 м від виступаючих частин забороняється.

Монтажні отвори в стінах та перекриттях залишені для вентиляційного обладнання, після їх використання необхідно закрити суцільними настилами або оснастити огорожами висотою не менше 1 м по всьому периметру. Після закінчення монтажних робіт отвори повинні бути загорнуті.

До монтажних робіт із встановлення конструкцій на висоті допускаються робітники не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, навчені техніці безпеки та мають посвідчення відповідного зразка та запис у журналі інструктажу з техніки безпеки за підписом інструктора та інструктованого. Медичний огляд має повторюватися щороку.

Робітники – монтажники, газорізальники, електрозварювальники та інші, що призначаються на виконання робіт на висоті понад 1,5 м, якщо неможливе влаштування настилів з огороженнями робочих місць, забезпечуються перевіреними та випробуваними монтажними поясами, без застосування яких виконувати роботи забороняється.

Працювати несправним та невідповідним виконуваній роботі інструментом та електроапаратурою забороняється. Справність механізованих інструментів, що видаються робітником, має бути перевірена. Електричний інструмент повинен мати надійну ізоляцію, справність якої слід періодично перевіряти і при видачі на руки.

Підйомні механізми повинні мати паспорт і перед введенням в експлуатацію піддаються обов'язковому огляду та випробуванню відповідно до вимог служби з технічного нагляду.

Використання вантажних витягів та кранів для переміщення людей забороняється.

Залишати вантаж у підвішеному стані під час перерви у роботі, а також перебувати під вантажем забороняється. Зони підйому обладнання повинні бути огорожені та мати попереджувальні знаки.

Перебувати під встановленим обладнанням та підвішеними повітропроводами до остаточного їх закріплення забороняється.

Монтувати обладнання поблизу електричних приладів можна лише після вимкнення їх від електричної мережі.

Монтувати повітроводи та обладнання з лісів, підмостків та колисок можна лише після огляду їх інженерно-технічним персоналом та отримання відповідного дозволу від майстра (виробника робіт).

Монтаж вентиляційного обладнання повинен провадитися на фундаментах або на майданчиках, прийнятих від будівельних організацій за актом. Установку обладнання на фундаменти, кронштейни, вмонтовані в стіну, можна проводити тільки після затвердіння цементу до проектної міцності.

Підйом та встановлення припливних камер заводського виготовлення, вентиляторів великих номерів та іншого важкого обладнання потрібно виконувати у присутності та під наглядом майстра. Слюсарі-вентиляційники, які виконують такелажні роботи, повинні бути навчені за спеціальною програмою та мати посвідчення на право проведення такелажних робіт. Роботи з підйому витяжних шахт повинні виконуватись у присутності відповідальної особи.

Підйом обладнання повинен проводитися без перерви до закріплення його проектному положенні.

Місце монтажу повинно бути добре освітлене, а мережа освітлення повинна розташовуватися не нижче 2,5 м від настилів лісів, щоб уникнути дотику людей до проводів або освітлювальних приладів.

Випробування має проводитися відповідно до проекту, технічних умов на виробництво і приймання будівельних і монтажних робіт і правил служби з технічного нагляду.

Робочі, які брали участь у випробуваннях та пробному пуску систем, повинні бути попередньо проінструктовані.

Більшість нещасних випадків з людьми викликана: обваленням конструкцій, що монтуються, падінням робітників з висоти, недосконалістю і помилками при такелажних роботах, недостатньою освітленістю, незадовільною послідовністю виконання робочих операцій і т.ін.

Падіння монтажників-верхолазів з висоти відбувається при наведенні, встановленні та закріпленні елементів збірних конструкцій при розстропуванні, остаточному оформленні вузлів і особливо при переміщенні на нове робоче місце. Для виявлення монтажних операцій, що мають найбільшу небезпеку для працюючих, доцільно проводити детальне вивчення цих робочих процесів у виробничих умовах монтажного майданчика.

Для зменшення виробничого травматизму необхідно, щоб монтажне оснащення задовольняло вимогам та технічним умовам на конкретні монтажні пристрої.

Конструкція монтажних пристроїв повинна забезпечувати: швидке та вільне виконання операцій, пов'язаних з їх встановленням або зняттям та вивіркою елементів конструкцій будівлі та споруди, стійкість елементів конструкцій будівель та споруд до їх закріплення відповідно до проекту, ремонтпридатність та взаємозамінність вузлів деталей.

Важливою є правильна організація робочих місць, система заходів щодо оснащення робочого місця необхідними технічними засобами: підмостками, люльками, монтажними столиками, а також засобами індивідуального та колективного захисту.

5.2 Аналіз небезпечних факторів

У поняття «метеорологічні умови середовища» входять температура, відносна вологість, швидкість руху, атмосферний тиск повітря, а також теплове випромінювання та електромагнітні поля надвисокої частоти (НВЧ).

Створення у робочій зоні належних метеорологічних умов сприятливо впливає на організм людини, сприяє доброму самопочуттю, підвищує безпеку

роботи, забезпечує високу працездатність. Температура, вологість та швидкість руху повітря при певних відхиленнях від оптимальних значень негативно впливають на процес теплообміну з навколишнім середовищем та терморегуляції організму людини, що призводить до швидкої втоми, перегрівання або переохолодження та інших несприятливих наслідків.

У разі переохолодження повітряного середовища кровоносні судини звужуються, приплив крові до них і знижується. У людини з'являється прагнення інтенсивних рухів, які збільшують обмін речовин в організмі з утворенням тепла. Надмірне охолодження організму може призвести до простудних захворювань.

У разі підвищення температури повітря людина починає пітніти, її втрата тепла збільшується за рахунок випаровування поту. При перегріві організму збільшується приплив крові до периферійних судин. Внаслідок розширення судин кількість крові, що протікає по них, і тепловіддача збільшуються.

Вологість повітря значною мірою впливає на самопочуття людини та її працездатність. При надто низькій вологості (менше 20%) організм людини розслаблюється, результатом чого є зниження працездатності.

Дуже висока вологість (понад 80%) порушується процес терморегуляції. Піт, що виділяється, не випаровується, а лише стікає по поверхні тіла. Особливо несприятливим є поєднання високої вологості з високою температурою при виконанні людиною важкої роботи.

Теплове самопочуття людини значною мірою пов'язане з таким метеорологічним параметром, як швидкість руху повітря, оскільки впливає на теплообмін організму з навколишнім середовищем. Низька швидкість повітря (менше 0.2 м/с) несприятливо впливає самопочуття людини, у разі швидко стомлюється і помітно втрачає працездатність.

При високій температурі повітря збільшення його рухливості сприятливо позначається на самопочутті людини, за низької – викликає неприємні відчуття. Внаслідок цього стандартом встановлено рухливість повітря, різну для літнього та зимового періодів року.

Завдання забезпечення найкращих умов праці, що сприяють його високій продуктивності, має вирішуватися комплексно.

Чинним нормативним документом, що регламентує метеорологічні умови виробничого середовища є СанПіН 2.2.4.548-96 «Гігієнічні вимоги до мікроклімату виробничих приміщень».

Санітарні правила встановлюють гігієнічні вимоги до показників мікроклімату робочих місць виробничих приміщень (оптимальні та допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря) з урахуванням інтенсивності енерговитрат працюючих, часу виконання роботи, періодів року. Оптимальні параметри внутрішнього мікроклімату будівлі та чистота повітря підтримується системами вентиляції.

При багатьох технологічних процесах на будівельних майданчиках повітря виділяється пил. Пил – це дрібні тверді частинки, здатні деякий час перебуває у повітрі у зваженому стані. Пил утворюється при монтажі будівель обробці будівельних конструкцій, обробних роботах, очищенні та фарбуванні поверхонь виробів і т.ін. Пил характеризується хімічним складом, розмірами та формою частинок, їх щільністю, електричними, магнітними та іншими властивостями. Пил є гігієнічною шкідливістю, оскільки вона негативно впливає на організм людини. Під впливом пилу можуть виникнути такі захворювання, як пневмоконіоз, екземи та інші захворювання дихальних шляхів. Чим дрібніший пил, тим він небезпечніший для людини. Найбільш небезпечним для людини вважається мікроскопічний пил, частинки розміром з 0,25-10 мкм, які, потрапляючи в легені при диханні, затримуються в них і, накопичуючись, можуть стати причиною захворювання. Існує три шляхи проникнення пилу в організм людини: через органи дихання, шлунково-кишковий тракт та шкіру. Крім цього, пил погіршує видимість на будівельних об'єктах, знижує світловіддачу освітлювальних пристроїв. Внаслідок цих причин знижується продуктивність та якість праці.

Санітарними нормами встановлено гранично допустимі концентрації пилу повітря робочої зони.

У виробничих приміщеннях необхідне ретельне і систематичне прибирання приміщень за допомогою вакуумних установок, очищення від пилу вентиляційного повітря при його подачі в приміщення і викиді в атмосферу, застосування як індивідуальних засобів захисту від пилу респіраторів, окулярів та протипилового спецодягу.

Комфортні умови праці багато в чому залежить від освітлення приміщень. Рациональне освітлення підвищує безпеку робіт та продуктивність праці. Невідповідність нормативним показникам освітлення або неправильне встановлення джерел світла може бути причиною швидкої стомлюваності працюючих, і навіть нещасного випадку.

Для створення нормальних умов праці освітлення має відповідати таким вимогам:

- забезпечувати рівномірність освітлення;
- не викликати сліпучої дії, блискучості та змін яскравості в полі зору працюючого;
- не утворювати різких тіней на робочій поверхні;
- бути економічним.

У приміщеннях застосовують поєднане освітлення.

Природне світло має високу біологічну та гігієнічну цінність, бо має сприятливий для зору людини спектральний склад і надає позитивний вплив на психологічний стан людини.

Основними джерелами штучного висвітлення є лінійні люмінесцентні лампи. Вплив випромінювань на організм людини визначається їх типом та інтенсивністю, а також часом впливу на людину.

Основними джерелами випромінювань у громадському будинку є: касові апарати, холодильники, мікрохвильові печі, електрочайники.

Відповідно до вимог [15] випромінювання від устаткування, що у приміщеннях торгових залах, перебувають у межах допустимих норм.

Основним джерелом виникнення шуму та вібрації є вентиляційні установки. Причиною виникнення аеродинамічного шуму є пульсація швидкості та коливання тиску повітря у вентиляторі та повітроводах.

Відповідно [15] допустимий рівень звукового тиску у виробничому приміщенні не повинен перевищувати 85 дБА. Рівень шуму створюваний системою припливно-витяжної вентиляції (вентиляційної камери) дорівнює 93 дБА, в приміщенні, що обслуговується, 46 дБА.

Для зниження рівня звукового тиску в системах вентиляції було здійснено такі заходи:

- встановлення вентиляторів, більш досконалих за акустичною характеристикою;
- вибір оптимальних режимів роботи вентилятора;
- зниження швидкості руху повітря в місцевих опорах.

Шум від транзитних повітроводів, що проходять через приміщення, зменшується шляхом збільшення масивності самих повітроводів та накладання на них шару звукоізолюючих матеріалів, також застосовуються шумоглушники для зменшення звукового тиску.

Зменшення шуму в приміщеннях суміжних до вентиляційної камери досягається вибором відповідного матеріалу стінок камери та звукоізоляції їх. Як віброізолюючі пристрої, що перешкоджають поширенню коливань по матеріалу, застосовують пружинні амортизатори або пружні прокладки. Для запобігання передачі вібрації від вентилятора до повітроводів останні приєднують до вентилятора через гнучкі вставки з пружних матеріалів.

5.3 Висновки по розділу 5

Представлений аналіз потенційно небезпечних та шкідливих факторів у , розроблені заходи щодо їх усунення і зменшення дії небезпечних та шкідливих факторів на обслуговуючий персонал.

ВИСНОВКИ

Витрати на енергію в будівлях можна найчастіше істотно знизити за рахунок реалізації різних заходів з підвищення енергоефективності.

В роботі проведено дослідження з метою підвищення ефективності енергоспоживання в будівлі закладу освіти шляхом проведення енергоаудиту будівлі та впровадження енергозберігаючих технологій.

Проаналізовано інформацію щодо поточного стану будівлі та фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі за останні 3 роки.

Визначені значення приведенного опору основних елементів огорожувальних конструкцій (даху, підлоги, зовнішніх стін, дверей, вікон). Показано, що майже для всіх існуючих типів огорожувальних конструкцій необхідно вжити енергозберігаючі заходи.

Запропоновано варіанти проєктів енергозбереження з розробкою структури фінансування. Визначена оцінка фінансової ефективності розроблених проєктів. Надалі обрано найбільш економічно ефективний Проєкт енергозбереження №3 щодо підвищення ефективності енергоспоживання двоповерховим будинком.

ЛІТЕРАТУРА

1. Савйовський В.В. Термомодернізація будівель: навч. посіб. Київ: Видавництво Ліра-К, 2021. – 278 с.
2. Державні будівельні норми України. Теплова ізоляція будівель. ДБН В.2.6-31:2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gazobeton.org/sites/default/files/sites/all/uploads/DBN-V.2.6-31-2016-Teplova-izolyatsiya-budivel.pdf>.
3. Державні будівельні норми України. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. ДБН В.2.6-31:2021 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3075196638495507996?doc_type=2.
4. Державні будівельні норми України. Опалення, вентиляція та кондиціонування. ДБН В.2.5-67:2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://armis.com.ua/docs/dbn/100.1.-DBN-V.2.5-67-2013>.
5. Державні будівельні норми України. Основні вимоги до будівель і споруд економія енергії. ДБН В.1.2-11:2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-996>.
6. Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_n_b_v_2_6_192/5-1-0-1165
7. Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій. ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=56183.
8. Методи визначення теплостійкості огорожувальних конструкцій. ДСТУ Б В.2.6-100:2010 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY_ALL/DSYU1/dstu_b_v.2.6-100-2010.pdf

9. Методи визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. ДСТУ Б В.2.6-101:2010 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dbn.co.ua/dstu_b_v_2_6_101.

10. Енергоефективність будівель. Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями/ ДСТУ Б EN 15232:2011 (EN 15232:2007, IDT) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dnaop.com/html/60834/doc-%D0%94%D0%A1%D0%A2%D0%A3_%D0%91_EN_15232_2011/

11. Вентиляція будівель. Розрахункові методи визначення витрат повітря на вентиляцію будівель з урахуванням інфільтрації. ДСТУ Б EN 15242:2015 (EN 15242:2007, IDT) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=63681.

12. Що таке термомодернізація та який економічний ефект вона має? – Термомодернізація житлового будинку. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://aea.org.ua/wp-content/uploads/sample-rep/ESCO-UA-sample-report\(school\).pdf](https://aea.org.ua/wp-content/uploads/sample-rep/ESCO-UA-sample-report(school).pdf).

13. Цибулько, А. Новий освітній простір. Енергоефективність. Інформаційний посібник. 2019, 42 с.

14. Енергетична стратегія України до 2030 року. URL : <http://zakon.nau.ua/doc>. (дата звернення 14.11.2021)