

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: «Дослідження ефективності заходів з енергозбереження для
двоповерхового будинку м. Херсон»

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

144 «Теплоенергетика»

(шифр і назва спеціальності)

«Енергетичний менеджмент»

(назва освітньо-професійної програми)

Градченко Т.В

(прізвище та ініціали)

Керівник **Кобалава Г.О.**

(прізвище та ініціали)

Рецензент **Корнієнко В.С.**

(прізвище та ініціали)



Херсон – 2024

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 **Градченко Тетяни Володимирівни, група 6248м**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____ **«Дослідження ефективності заходів з енергозбереження для двоповерхового будинку м. Херсон»**

керівник роботи _____ **Кобалава Г.О., к.т.н., доцент**

(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 _____ **двоповерховий будинок**

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

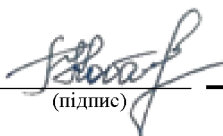
№ з/п	Назва етапів випускної магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Отримання завдань у керівника та консультантів	17 жовтня	виконано
2.	Загальний розділ	до 27 жовтня	виконано
3.	Теоретичний розділ	до 07 листопада	виконано
4.	Розрахунковий розділ	до 15 листопада	виконано
5.	Дослідницький 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)

Градченко Т.В
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Кобалава Г.О.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Градченко Т.В. Дослідження ефективності заходів з енергозбереження для двоповерхового будинку м. Херсон.

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 житловому будинку шляхом проведення енергетичного обстеження будівлі та впровадження енергозберігаючих технологій.

Проаналізовано інформацію щодо поточного стану будівлі та фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі за останні 5 років, 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, житловий будинок, тепла ізоляція, опалення.

ABSTRACT

Hradchenko T.V. Research on the effectiveness of energy saving measures for a two-story house in Kherson.

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 5 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, residential building, thermal insulation, heating.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	11
1.1 Історична еволюція енергоефективних будівель	11
1.2 Характеристика компонентів, що впливають на енергетичну ефективність будівель	15
1.3 Заходи щодо підвищення енергоефективності	19
1.4 Бар'єри та рішення для підвищення енергоефективності у житлових будинках	26
1.5 Постановка мети та завдань дослідження	32
1.6 Висновки по розділу 1	33
2. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ	34
2.1 Структура дослідження	34
2.2 Методи теоретичних досліджень	36
2.3 Методи експериментальних досліджень	43
2.4 Висновки по розділу 2	48
3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	49
3.1 Загальна характеристика та стан об'єкта дослідження	49
3.2 Аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі	56
3.3 Визначення приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій	66
3.4 Визначення річних витрат енергії	69
3.5 Визначення теплових витрат через огорожувальні конструкції	70
3.6 Аналіз витрат тепла через огорожувальні конструкції	71
3.7 Висновки по розділу 3	72
4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	74
4.1 Оцінка витрат	74
4.2 Оцінка економії коштів за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів	77
4.3 Оцінка фінансової ефективності	80
4.4 Висновки по розділу 4	82
5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ	83
5.1 Вимоги охорони праці під час роботи в умовах підвищених температур	83
5.2 Правила з охорони праці при роботах у особливих температурних умовах	87
5.3 Висновки по розділу 5	90
ВИСНОВКИ	91
ЛІТЕРАТУРА	92

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
НС – насосна станція
НВДЕ – нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії
ПЕР – паливно-енергетичні ресурси
СЕМ – система енергетичного менеджменту
СЦТ – система централізованого теплопостачання
ТЕЦ – теплоелектроцентрально
ТЕС – теплова електрична станція
ЦТП – центральний тепловий пункт

ВСТУП

Актуальність. Високі комунальні платежі за опалення та гаряче водопостачання стають значним навантаженням на сімейний бюджет. Будинків одним із ефективних рішень є впровадження енергоефективних заходів, які значно скорочують споживання енергії.

Одним з найважливіших кроків для зменшення витрат є утеплення будівлі. Однак варто пам'ятати, що утеплення без модернізації системи опалення часто не дає очікуваного результату. Таких помилок, необхідна комплексна термомодернізація, що включає не тільки утеплення стін, вікон та дахів, а й покращення роботи системи опалення.

Термомодернізація дозволяє значно знизити споживання енергії, а отже, і зменшити рахунки за комунальні послуги. При цьому економія на опаленні та гарячому водопостачанні часто значно перевищує початкові витрати на модернізацію. у будинку, покращуючи його теплотехнічні характеристики.

Таким чином, незважаючи на неминуче зростання цін на енергоносії, термомодернізація дозволяє суттєво знизити витрати на комунальні послуги та підвищити їхню якість.

Мета і завдання дослідження. Метою наукового дослідження є проведення енергоаудиту житлового двоповерхового будинку та розробка відповідних рекомендацій підвищення енергетичної ефективності житлових будівель шляхом впровадження проєктів з енергозбереження.

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні завдання:

- 1) проаналізувати існуючі способи підвищення енергоефективності житлових будівель та сучасні вимоги та норми щодо реалізації проєктів з енергозбереження;
- 2) провести аналіз принципів енергоаудиту будівель житлового сектору;

- 3) провести збір даних та аналіз інформації щодо поточного стану житлової будівлі;
- 4) провести аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації житлової будівлі;
- 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 – житловий двоповерховий будинок.

Предмет дослідження – енергоаудит житлового двоповерхового будинку.

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-економічні показників по енергоефективності житлового двоповерхового будинку запропоновані варіанти проєктів енергозбереження з розробкою фінансової структури.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновано три проєкти по енергозбереженню двоповерхівки, кожен з яких надає можливість знизити енерговитрати на опалення будівлі. Запропоновано енергозберігаючі заходи по заміні старих вікон, утепленню вікон, заміні дверей, встановленню тепловідштовхуючих екранів між радіаторами та стінами, теплоізоляції зовнішніх стін, кровлі та підлоги будівлі.

Структура та обсяг магістерської роботи. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 16 найменувань. Загальний обсяг роботи складає 93 сторінки. Основна частина

магістерської роботи викладена на 89 сторінках тексту, містить 27 рисунків та 27 таблиць.

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Історична еволюція енергоефективних будівель

Дослідження історичної еволюції енергоефективних будівель, яке допомагає дати розуміння змін, що відбуваються для підвищення теплового комфорту та оптимізації енергоспоживання, було розглянуто Ionescu та іншими у своїй публікації. У цій роботі було зазначено, що древні використовували теплові властивості ґрунту і масивних стін і плит з дерева, каменю або цегли. Далі були описані теоретичні та технологічні основи сучасного енергоефективного будівництва в початковий період його розвитку в перші роки 20 століття. Нарешті, було помічено соціальне визнання принципів сталого розвитку, частково підкріплене енергетичними кризами останніх десятиліть, що сприяло визначенню нових принципів проектних стратегій у будівництві.

Дослідники вважають витoki енергоефективного будівництва ще з давніх часів, оскільки деякі принципи, які використовуються в даний час в цій сфері будівництва, можна побачити в будівлях того часу. Встановлено, що в 5500 р. до н.е. будинки були побудовані частково заглибленими в ґрунт, що дозволило досягти стабільних температур в приміщеннях.

У 1930-х роках експериментально було продемонстровано значний приріст тепла будівель від сонячної енергії, що поклало початок концепції енергоефективного потоку. У той час увага приділялася поліпшенню теплоізоляції. Важливою частиною будівель, для яких проводилися вимірювання енергетичного балансу, було теплове проектування компонентів та обладнання, наприклад, сонячних колекторів. Надалі кількість технічних рішень зростає. Удосконалення теплоізоляції стало основним принципом.

Лише після нафтової кризи 1970-х років почалося зростання інтересу до енергоефективного будівництва. Саме тоді стала визнаватися важливість герметичності будівель, теплоізоляції огорожувальних конструкцій,

рекуперації тепла від вентиляції. Всі технології, що використовувалися в той час, були орієнтовані на використання сонячної теплової енергії. У своїй публікації Brenda і Vale зробили описи і визначили будівельні пропозиції того часу.

У 1984 році в Німеччині був реалізований проект, який вже був розроблений у 1950-х роках, з виготовленням першого довгострокового сховища теплової енергії.

У 1980-х роках Feist і Adamson, надихнувшись енергоефективним будівництвом, розробили концепцію пасивної будівлі.

У наступні роки робилися подальші спроби будівництва енергоефективних будівель і розробки вже впроваджених технологій. Під час енергомодернізації будівель велика увага стала приділятися зниженню енергоспоживання та викидів вуглекислого газу.

В окремих країнах загальні рамки для розвитку сучасних будівель з низьким споживанням енергії створюються будівельними традиціями і конкретною енергетичною ситуацією, а також кліматичними умовами, специфічними для географічного положення. Однак існують універсальні архітектурні, конструктивні, матеріальні, функціональні та інсталяційні рішення, які можуть застосовуватися повсюдно.

В даний час не існує чіткого визначення енергозбереження; Однак різні методи спрямовані на зниження потреби в енергії.

Підхід до багатопараметричного опису характеристик будівлі представлений чинною Директивою 2010/31/ЄС Європейського парламенту та Ради з енергетичної ефективності будівель.

У країнах ЄС регулюється максимальний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі та максимальна потреба в первинній енергії. Значення обох цих параметрів викладені в нормативних актах.

У будівлях, що будуються, необхідно підбирати відповідні матеріали, технології та установки, які відповідають усім прийнятим принципам енергоефективного будівництва, що дозволить знизити споживання енергії.

Водночас, при виборі вищезазначених елементів слід пам'ятати, що вартість будівництва енергоефективної будівлі є вищою порівняно з вартістю традиційної будівлі. Це ставить інвестора перед вибором між високою початковою вартістю та низьким споживанням енергії або нижчими початковими витратами та вищим споживанням енергії.

Цей вибір може бути ефективно реалізований за допомогою багатокритеріальних методів оптимізації. У літературі ця дисципліна також згадується як векторна оптимізація, оптимізація Парето та поліоптимізація. Багато дослідників вважають початком дисципліни кінець 18 століття, коли були розроблені теорія корисності і теорія добробуту. Інші дослідники вважають, що розумніше було б прийняти вихід книг Menger в 1871 р і Walras в 1874 р як початок розвитку методу багатокритеріальної оптимізації. Однак Парето вважається найвидатнішим вченим на ранніх етапах розвитку галузі. Його публікації вважаються основою багатокритеріальної оптимізації. Багатокритеріальна оптимізація ґрунтується на оптимізації декількох, часто конкуруючих або суперечливих, критеріїв (цілей). Цей метод допомагає в прийнятті рішення і в підборі оптимального рішення. Можливість конкуруючих (суперечливих) критеріїв виникає у зв'язку з тим, що поліпшення одного критерію може спричинити погіршення іншого.

В області еволюційної багатокритеріальної оптимізації для вирішення проблеми використовуються два основних підходи: метод на основі Парето і метод, заснований на розкладанні.

У публікації Dytczak і Evins описано обрані методи вирішення багатокритеріальних проблем прийняття рішень у будівництві. Автори обговорили принципи застосування методів оптимізації та проілюстрували їх корисність прикладами.

Існує багато досліджень, які вивчали вплив кількох критеріїв, окремо або комбінованих, на споживання енергії. Наприклад, Zhao і Du в своїй публікації досліджували оптимізацію конфігурації вікон і затінення з урахуванням енергоспоживання і теплового комфорту для офісної будівлі.

Mahdy і Nikolopoulou оцінили технічні характеристики вікон щодо енергоефективності та довгострокової економічної ефективності в Єгипті. У свою чергу, Zhang представив результати досліджень взаємозв'язку між типологією багатоквартирних будинків, потенціалом отримання сонячної енергії та ефективністю використання енергії в будівлях в контексті міста Сінгапур. Neofytou представив дослідження, засноване на моделі багатокритеріального аналізу рішень для підтримки осіб, які приймають рішення, у розробці політики енергоефективності шляхом вибору найбільш ефективних заходів, що ведуть до сталого розвитку будівель в Греції. Roulet розглянув багатокритеріальний аналіз здоров'я, комфорту та енергоефективності будівель. Разом з тим, у бібліографії суб'єкта дослідження відсутні публікації, в яких безпосередньо використовуються багатокритеріальні методи оптимізації для оцінки сукупного впливу набору з безлічі компонентів на енергетичну ефективність будівлі.

Огляд літератури свідчить, що автори статей та досліджень зосереджуються на загальній концепції енергоефективності, аналізі впливу окремих матеріалів на енергетичну ефективність, удосконаленні властивостей цих матеріалів, що впливають на енергетичну ефективність будівель. Варто процитувати кілька публікацій, що описують ці питання в цих місцях. Khoukhi досліджував комбінований вплив температури і вологості на зміну теплопровідності пінополістиролу і його вплив на енергетичні показники будівлі. Ожеховський Т. і Ожеховський М. розглянули визначення оптимальної товщини різних ізоляційних матеріалів для різних температурних режимів і джерел тепла з економічної точки зору. Однак в літературі не вдалося знайти статті, присвячені дослідженням можливості однозначного позначення оптимального конструктивного, будівельного та монтажного рішення з точки зору енергоефективності будівлі. Схоже, що найбільш близькими є системи оцінки будівель, такі як BREEAM або LEED, в результаті яких виникає єдиний параметр. Однак, це експертні системи, які вимагають дій сертифікованих аудиторів. Між тим, така система може ґрунтуватися на

існуючих параметрах, але може зробити їх більш доступними та зрозумілими за допомогою остаточної оцінки. Сучасна практика вибору варіанту рішення для будівництва енергоефективної будівлі базується на прямому порівнянні окремих варіантів рішень, що використовуються окремо, з точки зору кінцевої потреби в енергії, вартості будівництва та терміну окупності інвестицій. Такий опис є багатопараметричним і складним для користувача, який не є фахівцем, але цікавиться енергетичною оцінкою будівлі. У разі частой зміни зовнішніх умов звернення до усереднених параметрів не завжди дає достовірні значення потреби в енергії. Існує тенденція до використання нейронних мереж для прогнозування попиту на енергію в найближчому майбутньому на основі історичних даних. Однак всі ці моделі потребують опису параметрів багатьох будівель [1].

1.2 Характеристика компонентів, що впливають на енергетичну ефективність будівель

Компоненти, що впливають на енергоефективність будівлі, можна розділити на такі групи: природні компоненти, будівельні вироби, установки, а також форма, функції та розташування будівлі.

1.2.1. Натуральні компоненти

До природних компонентів, що впливають на енергоефективність будівлі, належать ґрунт і тепло, що видобувається з нього за допомогою, наприклад, ґрунтового теплообмінника, водяного теплообмінника при високому рівні ґрунтових вод, геотермальної енергії. Відомі численні публікації, присвячені характеристиці компонентів цієї групи.

1.2.2. Будівельна продукція

Компонентами, що впливають на енергетичну ефективність будівель, які можна віднести до штучних, є перш за все матеріали, з яких може бути побудована будівля.

1.2.2.1. Будівельні матеріали

Компоненти матеріалу слід розділяти в першу чергу на ті, що використовуються для несучої конструкції і теплоізоляційні шари будівлі.

Опорна конструкція. Несуча конструкція будівлі відповідає за перенесення зовнішніх навантажень і власної ваги. Несуча конструкція включає в себе фундаменти, несучі стіни, колони, перекриття і дахи. Матеріали, що використовуються для несучої конструкції будівлі, характеризуються високою міцністю. Зазвичай висока міцність також означає високу щільність матеріалу, що в свою чергу погіршує ізоляційні властивості. Для деяких конструкційних матеріалів, зокрема залізобетону, шукають методи підвищення теплоізоляції без шкоди для міцності. Бетон - матеріал з широким спектром теплопровідності.

Теплоізоляційний шар. Ізоляційні матеріали відповідають за покращення теплових властивостей огорожувальних конструкцій, таким чином зменшуючи втрати енергії на опалення за рахунок зменшення втрат енергії через перегородки та тим самим зменшуючи витрати на обслуговування будівлі. Отримана економія енергії оцінюється як більша, ніж кількість енергії, що використовується у виробництві ізоляційного матеріалу. Ізоляційні матеріали повинні характеризуватися в першу чергу здатністю підходити під форму конструкції без повітряних прошарків, і вони повинні мати незмінну форму у всіх трьох вимірах протягом усього терміну експлуатації будівель. Крім того, вони повинні бути стійкими до вологи і біологічної корозії. Важливо, щоб такі матеріали не виділяли в будівлю речовини в небезпечних концентраціях. Потрібно, щоб ізоляційний матеріал володів вогнезахисними властивостями. Врахування всього життєвого циклу будівель при виборі матеріалів є основою сталого будівництва.

Органічні матеріали. Спочатку утеплювач виготовлявся з дешевих і натуральних продуктів і тому міг називатися органічним утеплювачем. Матеріали, що відносяться до цієї групи, характеризуються високим водопоглинанням; У той же час вони більш схильні до процесів старіння через зовнішні впливи навколишнього середовища.

Більшість авторів публікацій вказують на можливості використання органічних матеріалів для утеплення будівель; Водночас вони вказують на деякі обмеження їх використання.

Неорганічні матеріали. Неорганічні ізоляційні матеріали характеризуються стійкістю до високих температур і, на відміну від органічних матеріалів, не мають підвищеної гігроскопічності.

Існує безліч публікацій, присвячених характеристиці продукції цієї групи. Всі автори вказують на дуже хороші теплоізоляційні показники цих матеріалів і можливості їх широкого застосування.

Сучасні матеріали. Ведуться роботи з винаходу нових матеріалів або технологій для забезпечення кращої ізоляції будівлі і, таким чином, економії енергії. Прикладом можуть служити аерогелі, які в даний час мають шанс на більш широке практичне застосування.

У свою чергу, світловідбиваючі кремнеземні фарби використовуються для відбиття частини теплового випромінювання від падаючої сонячної радіації на поверхні перегородки. Вони створюють радіаційний бар'єр для мінімізації нагрівання поверхні, але не забезпечують ізоляційного шару для зменшення провідної теплопередачі. Вони використовуються для досягнення значної економії коштів за рахунок зниження енерговитрат на регулювання температури всередині.

1.2.2.2. Інсталяційна продукція

Установки, якими оснащена будівля, є іншими компонентами, що впливають на енергоефективність будівлі. Найважливішими з них є опалювальні, охолоджувальні та вентиляційні установки. Параметром, який

доводить енергоефективність опалювальних та охолоджувальних установок, є їх висока ефективність, визначена в польських та європейських стандартах як продукт ефективності систем виробництва, передачі, накопичення та управління енергією. У випадку з вентиляційною установкою найважливішим параметром є ефективність рекуперації енергії з відпрацьованого повітря. На всі польські та європейські стандарти посилаються далі по тексту, коли розглядається ефективність систем опалення та охолодження.

Опалення. З давніх-давен людям доводилося стикатися з проблемою обігріву приміщень. Для цього використовуються різні рішення, починаючи з простих форм вогнищ, камінів і печей, а також систем розподілу тепла, закінчуючи сучасними системами опалення, які можна розділити на дві групи: місцеве і центральне опалення.

Місцеве опалення включає в себе каміни, печі або радіатори, принцип роботи яких, як правило, заснований на попередніх конструкціях. Завдяки використанню сучасних технологій та використанню електроенергії або газу на додаток до твердого палива для опалення вони досягли високого або дуже високого ККД. Крім того, їх експлуатація була значно спрощена.

До другої групи належать рішення з центральним джерелом тепла (котлом, тепловим насосом, або житловим масивом або міською котельнею), від якого тепло розподіляється по окремих будинках. Ці системи зараз автоматизовані і дуже часто майже не потребують обслуговування.

Охолодження. Кондиціонування повітря бере участь у формуванні мікроклімату шляхом досягнення і підтримки потрібної температури, вологості, чистоти повітря, руху повітря в приміщенні або закритому просторі.

Вентиляції. Найважливішою функцією вентиляційної системи є обмін повітря в приміщенні. Ефективність повітрообміну — вентиляції — тісно пов'язана з такими параметрами, як тепловий комфорт, економія енергії та мінімізація забруднюючих речовин, наприклад, CO₂ або аерозолі, які сприяють поширенню інфекційних захворювань.

Електричні, слабкострумові та автоматичні установки. Важливими установками, що впливають на енергоефективність будівлі, є електричні та низьковольтні установки та автоматика. Ці три терміни охоплюють багато типів установок, наприклад, встановлення сигналізації, встановлення комп'ютерних мереж та встановлення протипожежного захисту. На монтаж освітлення припадає великий відсоток енергії, що використовується в будівлі. Тому в енергоефективних будівлях використовуються установки, що дозволяють управляти освітлювальними та електричними приладами. Автоматичні установки дозволяють дистанційно контролювати параметри мікроклімату будівлі і дають можливість коригувати умови внутрішнього середовища відповідно до вимог користувачів.

1.2.3. Форма, функції та розташування будівлі

Важливими складовими, що впливають на енергоефективність будівлі, є її форма, функції та розташування. Енергоефективні будівлі в першу чергу характеризуються компактною формою.

1.3 Заходи щодо підвищення енергоефективності

Останнім часом тема енергоефективності у будинках розглядається на рівні міжнародної та державної політики. Щодня обговорюються питання щодо обмеженості природних ресурсів, змін у кліматі та інших проблем. Рациональне використання енергоресурсів можна досягти лише шляхом комплексного застосування передових енергозберігаючих технологій та впровадження заходів організаційного характеру, спрямованих на енергозбереження. Постійне зростання цін та тарифів на енергоресурси прямим чином відображається у виробничому процесі будь-якого підприємства. Вирішення цієї проблеми бачиться в одному — необхідність економити енергію та проводити заходи, що сприяють цьому. Потрібний комплексний підхід, що враховує, що рівень енергетичної ефективності

будівлі залежить від архітектурно-планувальних рішень, компонування будівлі, особливостей природно-кліматичних впливів, режиму роботи систем опалення та кондиціювання, рівня автоматизації систем підтримки мікроклімату. В даний час теплотехнічні норми вимагають суттєвого збільшення рівня теплозахисту будівель, що проектуються і реконструюються. Оптимізація використання паливно-енергетичних ресурсів забезпечується введенням у дію комплексу взаємопов'язаних законодавчих актів та нормативно-технічних документів, націлених на досягнення економічної ефективності використання енергетичних ресурсів за існуючого рівня розвитку техніки та технологій та дотримання вимог до охорони навколишнього природного середовища. Як показник енергоефективності приймається абсолютна чи питома величина споживання, чи втрати енергетичних ресурсів продукції будь-якого призначення, яка встановлюється державними стандартами. В даний час в Україні відносини з енергозбереження та підвищення енергетичної ефективності регулюються законом України «Про енергетичну ефективність». У ньому порядок управління енергоефективністю будівель, будов, споруд виділено окремою статтею. У складі вимог містяться показники енергоефективності для об'єкта загалом; показники енергоефективності для архітектурно-планувальних рішень; показники енергоефективності для елементів об'єкта та конструкцій, а також матеріалів та технологій, що застосовуються при капремонті. Нормативні документи в галузі енергозбереження в будівництві поділяються на державні нормативні документи, в тому числі будівельні норми та правила (СНіП), державні стандарти України в галузі будівництва (ДСТУ), зведення правил з проектування та будівництва, та нормативні документи суб'єктів України – державні будівельні норми (ДБН). Переважна більшість їх встановлює вимоги досягнення певних показників енергоефективності будівель та споруд на стадіях проектування та експлуатації, таких як питоме споживання енергії на опалення, класифікацію будівель та правила оцінки за показниками енергоефективності тощо. п. Застосування енергозберігаючих

технологій можливе лише за наявності комплексу підготовчих заходів, що включає законодавчо-нормативні документи, механізм економічного стимулювання, методологічні та наукові розробки, промислове виробництво енергоефективного обладнання. Насправді використовується ККД з метою оцінки ефективності дії будь-якої системи. Збільшити ККД, можна за рахунок скорочення непродуктивних втрат можна, що в кінцевому підсумку є основною метою енергозбереження. В Уряді розгорнуто відповідну роботу щодо створення правової бази в галузі енергозбереження, реалізація конкретних проектів та організація інформаційної підтримки заходів, що проводяться. Будинки, споруди, повинні відповідати вимогам енергетичної ефективності.

При розробці енергозберігаючих заходів необхідно:

- виявити найістотніші втрати енергії будівлі;
- визначити технічну суть передбачуваного удосконалення принципів одержання економії;
- розрахувати потенційну річну економію у фізичному та грошовому вираженні;
- визначити склад та вартість обладнання, необхідного для реалізації рекомендацій;
- оцінити загальний економічний ефект передбачуваних рекомендацій з урахуванням перелічених вище пунктів.

Застосування вищезазначених заходів дозволять суттєво знизити втрати енергії. Існують три напрями енергозбереження. здійснення енергозберігаючої політики - це раціоналізація використання палива та енергії. За рахунок реалізації цього напрямку можна скоротити потреби у паливі та енергії на 12–15 % перебудова структури економіки та зміною темпів розвитку галузей.

Перелік заходів щодо підвищення енергоефективності:

1. Підвищення теплового опору огорожуючих конструкцій:
 - облицювання зовнішніх стін, утеплення покрівлі, перекриттів над підвалом теплоізоляційними плитами, зниження тепловтрат до 40 %;

- усунення містків холоду в стінах і примиканнях віконних палітурок (ефект 2-3%);
- забезпечення в огорожах/фасадах прошарків, вентильованих повітрям, що відводиться з приміщень;
- застосування теплозахисних штукатурок;
- зменшення площі скління до нормативних значень;
- засклення балконів та лоджій (ефект 10-12%);
- встановлення сучасних вікон з багатокамерними склопакетами;
- застосування вікон із відведенням повітря з приміщення через міжскляний простір (ефект 4-5%);
- встановлення провітрювачів та застосування мікровентиляції;
- застосування тепловідбивного/ сонцезахисного скла у вікнах та при склінні лоджій та балконів;
- засклення фасадів для акумулювання сонячного випромінювання. ефект від 7 до 40%;
- застосування зовнішнього скління, що має різні характеристики накопичення тепла влітку та взимку;
- встановлення додаткових тамбурів при входних дверях під'їздів та у квартирах.

2. Підвищення енергоефективності системи опалення:

- заміна чавунних радіаторів більш ефективними алюмінієвими;
- встановлення термостатів та регуляторів температури на радіатори;
- застосування систем поквартирного обліку тепла (теплोलічильники, індикатори тепла, температури);
- реалізація заходів щодо розрахунку за тепло за кількістю встановлених секцій та місцем розташування опалювачів;
- встановлення тепловідбивних екранів за радіаторами опалення (ефект 1-3%);

- застосування регульованої відпустки тепла (за добою, за погодними умовами, за температурою у приміщеннях); застосування контролерів в управлінні роботою тепlopункту;
- застосування поквартирних контролерів відпустки тепла; сезонне промивання опалювальної системи;
- встановлення фільтрів мережної води на вході та виході опалювальної системи;
- додаткове опалення через відбір тепла від теплих стоків; додаткове опалення при відборі тепла ґрунту в підвальному приміщенні;
- додаткове опалення за рахунок відбору зайвого тепла повітря у підвальному приміщенні та у витяжній вентиляції (можливе використання для підігріву притоку та повітряного опалення місць загального використання та вхідних тамбурів); додаткове опалення та підігрів води при застосуванні сонячних колекторів та теплових акумуляторів;
- використання неметалічних трубопроводів; теплоізоляція труб у підвальному приміщенні будинку; перехід під час ремонту до схеми індивідуального поквартирного опалення.

3. Підвищення якості вентиляції. Зниження витрат на вентиляцію та кондиціювання:

- застосування автоматичних гравітаційних систем вентиляції;
- встановлення провітрювачів у приміщеннях та на вікнах;
- застосування систем мікровентиляції з підігрівом повітря, що надходить, і клапанним регулюванням подачі;
- виключення протягів у приміщеннях;
- застосування в системах активної вентиляції двигунів з плавним або ступінчастим регулюванням частоти;
- застосування контролерів у керуванні вентсистем.
- застосування водонаповнених охолоджувачів в огорожувальних конструкціях для відведення зайвого тепла;

- підігрів повітря, що надходить за рахунок охолодження повітря, що відводиться;

- використання теплових насосів для вихолоджування повітря, що відводиться;

- використання реверсивних теплових насосів у підвалах для охолодження повітря, що подається у припливну вентиляцію.

4. Економія води (гарячої та холодної):

- встановлення загальнобудинкових лічильників гарячої та холодної води;

- встановлення квартирних лічильників витрати води;

- встановлення лічильників витрати води у приміщеннях, що мають відокремлене споживання;

- встановлення стабілізаторів тиску (зниження тиску та вирівнювання тиску по поверхах);

- теплоізоляція трубопроводів ГВП (що подає та циркуляційного);

- підігрів холодної води (від теплового насоса, від зворотної мережної води і т.ін);

- встановлення економічних душових сіток;

- встановлення в квартирах клавішних кранів та змішувачів;

- встановлення кульових кранів у точках колективного водорозбору;

- встановлення двосекційних раковин;

- встановлення дворежимних змивних бачків;

- використання змішувачів з автоматичним регулюванням температури води.

5. Економія електричної енергії:

- заміна ламп розжарювання у під'їздах на люмінесцентні енергозберігаючі світильники;

- застосування систем мікропроцесорного управління приватнорегульованими приводами електродвигунів ліфтів;

- заміна люменесцентних вуличних світильників, що застосовуються, на світлодіодні світильники;

- застосування фотоакустичних реле для керованого включення джерел світла у підвалах, технічних поверхах та під'їздах будинків;

- встановлення компенсаторів реактивної потужності;

- застосування енергоефективних циркуляційних насосів, частотнорегульованих приводів;

- пропагування застосування енергоефективної побутової техніки класу A+, A++.

- використання сонячних батарей для освітлення будівлі.

6. Економія газу:

- застосування енергоефективних газових пальників у топкових пристроях блок котелень;

- застосування систем клімат-контролю для керування газовими пальниками в блок котелень;

- застосування систем клімат-контролю для управління газовими пальниками до квартирних систем опалення;

- застосування програмованого опалення в квартирах;

- використання в побуті енергоефективних газових плит з керамічними ІЧ випромінювачами та програмним управлінням;

- пропагування застосування газових пальників із відкритим полум'ям в економічному режимі.

Регулярне інформування мешканців про стан енергозбереження обслуговування загальнобудинкового майна.

Незважаючи на профілактичні заходи щодо енергозбереження, причин втрати тепла в будинку кілька, і кожна з них може бути якщо не повністю усунена, то хоча б частково усунена. Також основними причинами тепловтрати будинку є такі фактори:

– провідність. Оскільки будинок побудований на холодній землі, то внаслідок теплопровідності теплові потоки йдуть у ґрунт;

– конвекція. При включеному опаленні стіни та дах зсередини стають теплими. Внаслідок дії теплопровідності тепло переміщається і на зовнішню сторону стін та даху. При цьому навколишня атмосфера, будучи холоднішою, нагрівається за рахунок них і відбирає частину тепла, несучи його вгору.

Теплопровідність будматеріалів та різниця між температурами в будинку та на вулиці — два головні фактори, що впливають на втрати будинком тепла. При цьому основні втрати тепла відбуваються через огорожувальні конструкції будинку: частку стін припадає 35 % тепловтрат, на дах — 25%, через підвальне перекриття та всілякі щілини — по 15%, через вікна — 10%. Певна частина тепла може виносити вентиляційна система. Щоб зменшити втрати будинку, треба зробити теплоізоляцію стін і вікон, утеплити дахи і підвал, звести мансарду, застосувати теплоізоляційні матеріали. Таким чином, можна сказати, що енергоефективність досягається за рахунок послідовного проведення енергообстеження будівель, реалізації обраних енергозберігаючих заходів, оцінки досягнутих ефектів.

1.4 Бар'єри та рішення для підвищення енергоефективності у житлових будинках

На рівень енергоефективності будівель впливають безліч різних організацій, що беруть участь у будівництві, управлінні та експлуатації будівель. Всі вони мають можливість впливати на споживання енергії всередині будівель, але мало хто має стимул змінювати щось. Тобто, хто міг би мати стимул, найгірше знають про те, які заходи можуть призвести до економії енергії, а якби й знали, то не змогли б сплатити чи профінансувати ці заходи. Однак ці бар'єри притаманні житловому сектору майже в усіх країнах світу. Основні бар'єри, властиві саме Росії, включають: низькі тарифи на енергоресурси для населення; відсутність ефективного контролю за дотриманням існуючих стандартів для будівель, що будуються; недостатня

поінформованість про енергоефективність серед домовласників, що, зрештою, визначає їхню поведінку. Бар'єри і рішення різні для різних типів будівель. Можна виділити три групи: (а) будівлі, що будуються, (б) будівлі, в яких здійснюється реконструкція або капітальний ремонт, (в) експлуатовані будівлі.

Усунення бар'єрів у житловому секторі потребує насамперед забезпечення дотримання стандартів енергоефективності будівель. Додаткові вигоди можуть бути отримані шляхом удосконалення збору даних з енергоспоживання у житлових будинках та поширення інформації серед домовласників. Також можливе застосування перформанс-контрактів за участю товариств власників житла (ТВЖ) чи керуючих компаній.

Бар'єри та рішення для підвищення енергоефективності у житлових будинках суттєво різняться залежно від терміну експлуатації будівлі. З цієї причини бар'єри для будинків, що будуються та існуючих, розглядаються нижче окремо.

Нові будівлі. Для будівель, що будуються, основні бар'єри на шляху підвищення енергоефективності такі:

- у девелоперів та їх підрядників відсутні стимули до підвищення енергоефективності. Девелопери та їх підрядники (архітектори, будівельники, постачальники обладнання та матеріалів) визначають рівень енергоефективності будівель, що зводяться ними, однак, оскільки вони не житимуть у цих будівлях і не оплачуватимуть комунальні послуги, у них немає стимулів до підвищення енергоефективності;
- стандарти теплозахисту будівель стануть добровільними. До девелоперів та їх підрядників не буде пред'являтися жодних вимог щодо застосування методів підвищення енергоефективності будівель;
- у девелоперів та його підрядників дуже обмежені знання щодо енергоефективності. Проведені в Україні дослідження показали відсутність кореляції між вищими витратами та застосуванням енергоефективних технологій. Багато будівельних організацій досі не використовують ці

технології через відсутність відповідних знань чи кваліфікації. Але навіть знаючи про ці технології, багато фірм не змінюють сталі практики роботи і не прагнуть впроваджувати нові технологічні рішення.

Існуючі будівлі. У існуючих будинках основні бар'єри для підвищення енергоефективності такі:

- нагляд за енергоефективністю існуючих будівель у процесі експлуатації не ведеться. Нині у Росії немає служби, яка здійснювала моніторинг споживання енергії існуючими будинками. Внаслідок цього складно визначити потреби будівель у конкретних заходах щодо підвищення енергоефективності при реконструкції, модернізації та проведенні капітальних ремонтів.

- у власників квартир та керуючих компаній мало інформації щодо підвищення енергоефективності. Власники квартир, товариства власників житла, керуючі компанії та місцеві органи влади не мають необхідних даних для реалізації енергозберігаючих заходів. Зокрема, спостерігається нестача інформації що до:

- споживання енергії домогосподарствами. Врахування споживання енергії, особливо теплової енергії, майже не ведеться. Дуже малою мірою облік ведеться на державних котельнях і теплових підподах у будівлі. З цієї причини більшість споживачів оплачує послуги теплопостачання за нормативами споживання (як правило, у розрахунку на 1 м² площі квартири або одного проживаючого). Реальне споживання теплової енергії будинками значно відрізняється від споживання, розрахованого за нормативами. З іншого боку, споживачі, зазвичай, немає можливості регулювати своє споживання тепла. Часто це відбувається через вертикальне однотрубне розведення систем теплопостачання, звичайної для більшості будівель;

- необхідним заходам або інвестиціям для підвищення енергоефективності та їхнього потенціалу енергозбереження. Більшість мешканців погано обізнані про ефективність навіть елементарних і недорогих заходів теплозахисту будівель, таких як встановлення тепловідбивних екранів,

наклейки низькоемісійної плівки на вікна або використання сучасних ущільнювальних матеріалів для зменшення інфільтрації. У той же час застосування зовнішньої теплоізоляції і потрібних вікон можуть у сукупності знизити потреби будівлі в тепловій енергії на 40%;

- власники квартир мають обмежений доступ до зовнішнього фінансування для реалізації заходів щодо підвищення енергоефективності;

- власники квартир не бачать стимулів для інвестування в енергозбереження.

Для підвищення енергоефективності у житловому секторі уряду необхідно:

- 1) Закріпити мінімально допустимі вимоги під час будівництва та реконструкції як обов'язкові до виконання. Введення обов'язкових вимог до енергозбереження в будівлях, що будуються і реконструюються, є найбільш економічно ефективним способом економії енергії в житловому секторі. Однак це не має перетворитися на разову законодавчу акцію. Технології згодом змінюються. Ті, що вважалися найефективнішими 15 років тому, вже не є сьогодні. Для досягнення та підтримки економії енергії в житловому секторі необхідно періодично переглядати стандарти теплозахисту будівель, щоб параметри теплозахисту якнайкраще враховували найефективніші технології.

- 2) Вести моніторинг енергоефективності у процесі експлуатації будівель. Уряд може запровадити обов'язковий моніторинг енергоефективності та енергетичні паспорти будівель у процесі експлуатації будівель для контролю дотримання вимог СНіП та розуміння потенціалу енергозбереження. Виконання цієї рекомендації вимагатиме розробки стандартизованих форм статистичної звітності та проведення регулярних енергетичних обстежень будівель. Енергетичні паспорти потрібні для перетворення показника енергоефективності на знак якості у житловому секторі, створення стимулів для інновацій та інвестицій та підвищення поінформованості як продавців, так і покупців на ринку житла.

3) Запровадити вимогу щодо реалізації енергозберігаючих заходів як обов'язкової умови надання фінансової підтримки для проведення ремонтів.

4) Запровадити вимогу щодо реалізації енергозберігаючих заходів як обов'язкової умови надання фінансової підтримки для проведення ремонтів з державного або місцевого бюджету.

5) Створити гарантійний фонд за кредитами для проведення капітального та поточного ремонтів. У багатьох країнах створено інститути, що надають гарантії за кредитами, що видаються об'єднанням домовласників на проведення капітальних та поточних ремонтів. Подібні організації є особливо важливим джерелом фінансування капітальних ремонтів житлових будинків у країнах Центральної та Східної Європи та Прибалтики. Велика частка житлового фонду в багатоквартирних будинках, які потребують модернізації. Наприклад, у Словаччині гарантії за кредитами, що видаються асоціаціям домовласників, кооперативам та керуючим компаніям, надаються єдиним державним банком у країні – Державним банком гарантій та розвитку. У Литві та Естонії за підтримки урядів було створено спеціальні агентства-гаранти. Ці агентства надають гарантії асоціаціям домовласників та керуючим компаніям під час проведення капітальних та поточних ремонтів та реконструкції багатоквартирних будівель у розмірі до 75% від обсягу кредиту. Плата за надання гарантії зазвичай становить 1,5-2% від обсягу кредиту, на який поширюється гарантія.

Субсидії іноді використовуються для полегшення доступу до капіталу при проведенні реконструкції будівель. Наприклад, у Словаччині асоціації домовласників можуть отримати пільговий кредит із Державного Фонду Розвитку Житлового Сектору для підвищення енергоефективності багатоквартирної будівлі. Кредити можуть надаватися у розмірі до 80% вартості проекту на строк до 20 років (при обмеженні обсягу кредиту в розрахунку на кожну квартиру) під 3,3% річної процентної ставки, за умови, що проект включений до Програми реконструкції житлового сектору. Під проекти, які не включені до цієї Програми, можна отримати кредити на 10-20

років під 4,9-6,5% річної процентної ставки. Для отримання пільгових кредитів домогосподарства мають у результаті реалізації проекту знизити споживання енергії щонайменше на 20% порівняно з допроектним рівнем;

6) Розробити типові контракти на управління, орієнтоване на результат, для ТВЖ та керуючих компаній. ТВЖ або керуючі компанії можуть сприяти агрегуванню капіталів індивідуальних домовласників для реалізації енергозберігаючих заходів у місцях загального користування.

7) Надати стимули до масового поширення систем обліку. Облік споживання газу та теплової енергії може призвести до значної економії у житлових будинках. Споживачів можна стимулювати придбання власних приладів обліку шляхом підвищення величини оплати за нормативами споживання; тоді їх рахунки значно знизяться після встановлення приладів обліку та переходу на оплату за реальне, а не нормативне споживання.

На додаток до приладів обліку, які дозволяють споживачам відстежувати та регулювати своє споживання, будівлі можуть проектуватися таким чином, щоб ефективніше сприяти регулюванню тепlopостачання на індивідуальному рівні. Горизонтальне або двотрубне вертикальне розведення систем тепlopостачання дозволяє регулювати споживання теплової енергії на рівні окремої квартири. Однак через значні витрати, пов'язані з перепроєктуванням опалювальних систем у існуючих будівлях, застосування більш ефективних варіантів розведення рекомендується тільки в новому будівництві та в будівлях, де планується масштабна реконструкція. Аналогічно на цих системах також повинні встановлюватися індивідуальні прилади обліку, щоб споживачі мали економічні стимули до регулювання та зниження споживання на рівні квартир;

8) Запровадити стандарти енергоефективності та маркування освітлювальних та електропобутових приладів. Стандарти та маркування енергоефективності стимулюватимуть промислові підприємства до виробництва ефективної продукції та сприятимуть інформуванню споживачів

про найбільш ефективні товари. Подібні стандарти широко та успішно використовуються у всьому світі.

9) Знайти оптимальні способи зміни поведінки споживачів. Спосіб подання інформації є основним фактором, що визначає, чи змінять споживачі свою поведінку. Підвищення рівня обізнаності з питань енергоефективності через ув'язування з екологічними програмами виявилось досить успішним у Європі.

10) Розпочати інформаційну кампанію щодо підвищення енергоефективності. Інформаційна кампанія може стати ефективним інструментом надання домогосподарствам інформації про численні вигоди та простоту реалізації енергозберігаючих заходів. Поширення інформації необхідне підвищення обізнаності та розуміння значення енергозбереження. Подібна кампанія може нести інформацію про: капітальні ремонти, про можливості їхнього фінансування; використання теплоізоляційних матеріалів у квартирах або про вигоди від використання ефективніших освітлювальних приладів.

1.5 Постановка мети та завдань дослідження

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

Основною метою дослідження є проведення енергоаудиту житлового будинку та розробка відповідних рекомендацій підвищення енергетичної ефективності житлових будівель шляхом впровадження проєктів з енергозбереження (на прикладі будівлі в м. Херсоні).

Для досягнення поставленої мети були сформульовані наступні завдання:

- 1) проаналізувати існуючі способи підвищення енергоефективності житлових будівель та сучасні вимоги та норми щодо реалізації проєктів з енергозбереження;
- 2) провести аналіз принципів енергоаудиту будівель житлового сектору;
- 3) провести збір даних та аналіз інформації щодо поточного стану житлової будівлі;
- 4) провести аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації житлової будівлі;
- 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 – житловий двоповерховий будинок.

Предмет дослідження – енергетичний аудит житлового двоповерхового будинку.

1.6 Висновки по розділу 1

1. Було проаналізовано існуючий стан та останні дослідження по енергозбереженню.
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 на сонячний колектор, тепловий насос.
3. Поставлені завдання дослідження.

2. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Структура дослідження

1. Енергетичний аудит

Перший етап термомодернізації – виконання енергетичного аудиту. Це техніко-економічна оцінка будівлі з погляду енергоспоживання, спрямована на виявлення та обґрунтування заходів щодо зниження енерговитрат та пов'язаних з ними витрат. Аудит дозволяє:

- визначити окупність запропонованих заходів;
- вибрати оптимальне з економічного погляду рішення.

Кому необхідний аудит:

- власникам будівель – для обґрунтування термомодернізації;
- фінансовим організаціям – для підтвердження економічної доцільності та гарантії повернення інвестицій.

Енергетичний аудит проводять спеціалізовані експерти. Список сертифікованих організацій доступний на сайті Асоціації енергоаудиторів (www.aea.org.ua).

2. Проектна документація

Для утеплення будівель потрібний будівельний проект. Він обов'язковий навіть за відсутності вимог норм, оскільки включає:

- опис використовуваних матеріалів та їх відповідність нормам;
- технологію проведення робіт

Зміст проекту:

- підготовка основи;
- методика приклеювання утеплювача;
- розрахунок та розміщення дюбелів;
- зміцнення та нанесення фасадного шару;

- примикання утеплювача до елементів фасаду (цоколі, балкони та ін.).

Проект розробляється відповідно до ДБН А.2.2-3-2012 та рекомендується включати модернізацію інженерних систем будівлі.

3. Будівельні роботи

Роботи виконуються відповідно до затвердженої проектної документації та вимог Державного архітектурно-будівельного контролю (ДАБК).

Ключові аспекти:

- використання якісних матеріалів із сертифікатами відповідності;
- залучення перевірених підрядників із гарними рекомендаціями;
- уникнення економії на матеріалах (наприклад, клеї та дюбелях), що призводить до зниження якості.

Помилки, такі як використання неякісних матеріалів або довіра до випадкових бригад, можуть призвести до руйнування утеплення (наприклад, відрив плит утеплювача через погане кріплення або руйнування фасадного шару).

4. Зміни у енергоспоживанні

Термомодернізація дозволяє значно знизити енерговитрати та експлуатаційні витрати. Ефективність впроваджених заходів залежить від особливостей кожного проекту, але в середньому досягається помітне зниження споживання теплової енергії.

Рекомендації для власників:

- ретельно перевіряти якість матеріалів та робіт;
- переконатись у наявності всієї проектної документації та погоджень;
- обирати кваліфікованих виконавців для гарантії довготривалого результату.

2.2 Методи теоретичних досліджень

Зниження енергоспоживання в існуючих будівлях в даний час стало однією з найбільш критичних проблем при будівництві будівель не тільки в регіоні з холодним кліматом. Заходи, що проводяться в області модернізації будівель, в основному спрямовані на поліпшення теплоізоляції зовнішніх стін. Кількість енергії, необхідної для обігріву та охолодження будівель, в першу чергу визначається тепловими параметрами зовнішніх стін і вікон, на які припадає до 25-30% загальних втрат енергії в будівлі. Залежно від способу установки вікон в зовнішню стіну частка втрат, пов'язаних з виникненням теплового мосту, може бути змінною. У будівлях з низьким енергоспоживанням вона не повинна бути вище 5% від втрат на теплопередачу. Тому існує нагальна потреба у покращенні теплових характеристик зовнішніх стін шляхом теплоізоляції з метою підвищення енергетичних характеристик існуючої будівлі та досягнення підвищення енергоефективності після модернізації.

У зв'язку з більш простим монтажем, кращим захистом стіни від погодних умов і більш ефективною ліквідацією містків холоду, системи зовнішньої теплоізоляції є широко використовуваними рішеннями. Трапляються випадки, коли різні умови (технічні, адміністративні, історичні) перешкоджають використанню зовнішніх систем у будівлях. Тоді внутрішнє утеплення стає єдиним доступним рішенням, яке можна використовувати. На ринку представлено безліч видів систем внутрішнього утеплення, які відповідають вимогам високих стандартів енергоефективності. Однак слід зазначити, що внутрішня ізоляція може нести в собі багато потенційних загроз довговічності будівельних матеріалів, які були досліджені, включаючи пошкодження внаслідок обмороження, міжтканинної конденсації та зносу елементів, вбудованих у стіни, таких як дерев'яні торці балок. На жаль, складно уникнути проблем, пов'язаних з тепловими мостами, шляхом ізоляції зсередини. Детальний аналіз впливу теплових мостів, таких як структура

підлоги та геометрія навколо вікон, на ефективність різних внутрішніх систем ізоляції в 2D та 3D моделюванні був представлений аворами.

Вибір типу внутрішньої ізоляції повинен залежати не тільки від потенційної економії енергії, але і від інших додаткових цілей. Необхідно оцінити можливості монтажу, які пропонує існуюча конструкція, і вибрати рішення, яке сприятиме мінімізації потенційних проблем з вологою та пошкодженнями, що виникли в результаті неправильного використання. Одним з можливих матеріалів для модернізації є капілярні активні матеріали. Типовим представником в цьому плані є силікат кальцію. У багатьох публікаціях представлений аналіз оцінки гігротермічного ризику, пов'язаного з використанням даного виду внутрішнього утеплювача в разі масивної цегляної стіни.

До другої групи активних капілярних матеріалів належать біоматеріали. Наприклад, гігротермічні та енергетичні характеристики систем на основі м'яких і твердих деревоволокнистих плит були оцінені за допомогою комбінації експериментальних і обчислювальних методів. Багатьма авторами оцінені різні внутрішні системи ізоляції, виготовлені з деревного волокна, встановлені на двох демонстраційних об'єктах. Останні дослідження стосуються оцінки гігротермічних характеристик комплектів утеплювачів з перлітових плит для внутрішньої модернізації стін.

Огляд літератури, представлений вище, показує, що більшість досліджень присвячено оцінці гігротермічних характеристик стін з внутрішніми системами утеплення. На основі тематичного дослідження будівлі, розташованої в Бамберзі, Німеччина була представлена комплексна оцінка гігротермічних, енергетичних та екологічних параметрів для прийнятого рішення з модернізації для різних типів внутрішньої ізоляції (силікат кальцію, перлітова цегла, целюлоза, мінеральна піна, деревне волокно, пробка). Були порівняні внутрішні і зовнішні системи теплоізоляції, що використовуються в житловому будинку. Оцінили, зокрема, потенційний ризик конденсації водяної пари, річну потребу в енергії для опалення та охолодження, а з економічної

точки зору - термін окупності. Також був оцінений вплив модернізації підвальних приміщень внутрішньою системою ізоляції на основі мінеральних плит з силікату кальцію в історичній будівлі на внутрішнє середовище, використовуючи індекс якості внутрішнього середовища (IEQ).

Лише в кількох дослідженнях було проаналізовано економічну вигоду від енергетичної модернізації за допомогою внутрішньої ізоляції. У перших трьох дослідженнях аналіз стосувався високоефективних вакуумних ізоляційних панелей, тоді як нещодавнє дослідження розглядало різні типи ізоляції, включаючи неорганічні природні ізоляції, такі як перліт і мікропористий силікат кальцію. Ці рішення були застосовані до традиційної кам'яної кладки будівлі в Італії за допомогою методології «Оптимальна вартість», і тоді було обрано найбільш економічно ефективне рішення для внутрішньої системи ізоляції.

Для оцінки економічної ефективності рішення з модернізації використовується кілька методів економічного аналізу. До таких методів належать: річна економія експлуатаційних витрат на енергію, капітальні витрати, термін окупності, вартість життєвого циклу і чистої приведеної вартості (також званої «глобальною собівартістю»).

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; 1
- 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 багатошарової конструкції;
- α_1 - коефіцієнт дисконтування експлуатаційних витрат, років;

R_{req} - нормований наведений опір теплопередачі багатошарової огорожувальної конструкції, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$);

R_0^* - опір теплопередачі тої ж конструкції без теплоізоляційного шару, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$);

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);

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

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:

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

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. Використання для

теплозахисту будинків теплоізоляційних матеріалів, що не задовольняють умовам економічної доцільності, не рекомендується.

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./($\text{м}^2 \cdot \text{рік}$);

C – інвестиції, необхідні для проведення заміни старих вікон на обрані нові, грн./ м^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 m разів рівня теплозахисту нових вікон, грн./($\text{м}^2 \cdot \text{рік}$);

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

$$P_1 = 0,024 \cdot c_v \cdot z_{\text{о.п.}} \cdot (Q_{1\text{тп}} - Q_{2\text{тп}}), \quad (2.10)$$

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

$z_{\text{о.п.}}$ - 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.

$$P_2 = 0,024 \cdot c_v \cdot z_{\text{о.п.}} \cdot (Q_{\text{інф}1} - Q_{\text{інф}2}), \quad (2.11)$$

де $Q_{\text{інф}1} - Q_{\text{інф}2}$ - кількість зекономленої теплової енергії за рахунок зниження повітропроникності при встановленні нових вікон.

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

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

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

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

Чистий дисконтований прибуток розраховується по формулі:

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

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 ($E_{вн}$) виводиться шляхом рішення наступного рівняння:

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

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):

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

2.3 Методи експериментальних досліджень

Енергетичне обстеження (енергоаудит) – це комплексний аналіз енергоспоживання підприємства чи об'єкта з метою виявлення можливостей зниження витрат на енергоресурси, підвищення їх ефективності та покращення екологічної стійкості.

Основні цілі:

- 1) Оцінка поточного стану енергоспоживання для виявлення проблемних областей та неоптимального використання ресурсів.
- 2) Розробка заходів щодо енергозбереження з урахуванням економічної доцільності та технічної здійсненності.
- 3) Зниження витрат на енергоресурси, що позитивно вплине на фінансову стабільність підприємства.

Завдання:

- 1) Збір та аналіз даних про споживання енергетичних ресурсів (електроенергія, тепло, вода та ін.).
- 2) Оцінка витрат та його структури з визначенням напрямів можливої економії.
- 3) Пріоритетизація заходів енергозбереження для найбільшого ефекту.
- 4) Експертиза поточних та планованих інноваційних рішень з погляду їхньої енергоефективності.
- 5) Формування програми енергозбереження, що включає рекомендації та розрахунки.

Заходи під час проведення енергоаудиту:

- аналіз інфраструктури:
- електропостачання;
- теплопостачання;
- водопостачання;
- стан обладнання та комунікацій;
- оцінка систем обліку енергоносіїв;

- перевірка приладів обліку;
- відповідність вимогам нормативних актів.

Виявлення втрат та неефективного використання:

- 1) локалізація необґрунтованих втрат;
- 2) оцінка нормування енергоспоживання;
- 3) перевірка енергетичні баланси об'єкта;
- 4) розрахунок питомих енерговитрат, що дозволяє зіставити показники із галузевими стандартами;
- 5) результатом енергоаудиту є детальний звіт із пропозиціями щодо зниження енерговитрат та підвищення ефективності. Це допомагає не лише заощаджувати, а й мінімізувати екологічний слід підприємства.

Під час розробки енергозберігаючих заходів необхідно враховувати такі ключові аспекти:

1. Аналіз поточного стану

Провести детальний аналіз енергоспоживання, виявивши основні напрямки використання енергоресурсів. Оцінити стан обладнання, комунікацій та систем енергозабезпечення (електропостачання, тепlopостачання, водопостачання). Виявити джерела втрат та неефективного використання енергоресурсів.

2. Визначення пріоритетів

Сформувати перелік заходів з огляду на економічну доцільність та технічну здійсненність. Встановити пріоритетність на основі потенціалу економії, термінів окупності та значущості для підприємства.

3. Економічна та технічна оцінка

Розрахувати витрати на реалізацію кожного заходу. Оцінити очікувану економію енергоресурсів та фінансових коштів. Провести аналіз окупності та визначити рентабельність вкладень. Враховувати необхідність модернізації чи заміни обладнання.

4. Інтеграція інноваційних рішень

Розглянути застосування сучасних технологій та обладнання з підвищеною енергоефективністю. Врахувати перспективні розробки, спрямовані на мінімізацію енергоспоживання (наприклад, джерела енергії, що відновлюються).

5. Нормативна відповідність

Переконатися, що запропоновані заходи відповідають чинним стандартам та вимогам щодо енергозбереження та екології. Передбачити заходи, які допоможуть підприємству відповідати державним програмам та субсидіям на енергоефективність.

6. Розробка програми енергозбереження

Скласти комплексну програму енергозбереження, що включає: конкретні події, строки реалізації, відповідальних осіб та очікуваний ефект в енергоресурсах та фінансах. Визначити механізми моніторингу та контролю за реалізацією програми.

7. Облік специфіки об'єкта

Врахувати особливості підприємства, включаючи його виробничі процеси, кліматичні умови регіону та можливості модернізації. Орієнтуватись на галузеві стандарти енергоспоживання.

8. Навчання персоналу

Провести навчання співробітників ефективного використання обладнання та енергоресурсів. Впровадити корпоративну культуру енергозбереження.

Грамотне планування енергозберігаючих заходів сприяє не лише скороченню витрат на енергоресурси, а й покращенню конкурентоспроможності підприємства, зниження екологічного впливу та виконання вимог законодавства.

Після оцінки економічної ефективності всі рекомендації щодо енергозбереження класифікуються за трьома критеріями:

- безвитратні та низьковитратні – що здійснюються у порядку поточної діяльності підприємства чи організації;

- середньовитратні - здійснювані, як правило, за рахунок власних коштів підприємства чи організації;

- високовитратні – потребують додаткових інвестицій, здійснювані, зазвичай, із залученням позикових коштів.

На закінчення всі енергозберігаючі рекомендації зводяться в одну таблицю, в якій проекти розташовуються за трьома категоріями, перерахованими вище.

Повне інструментальне енергетичне обстеження має на увазі:

- повну перевірку енергосистем з інструментальними вимірами;
- комплексне енергообстеження всіх будівель, будівель та обладнання;
- проведення аудиту всіх технологічних процесів;
- оцінку ефективності використання всіх видів енергетичних ресурсів;
- розроблення повноцінної програми з енергозбереження.

Мінімальний склад приладів портативної вимірювальної лабораторії повинен включати: ультразвуковий витратомір рідини, що дозволяє проводити вимірювання швидкості, витрати та кількості рідини, що протікає в трубопроводі без порушення його цілісності та зняття тиску; електрохімічний газоаналізатор, що визначає вміст кисню, оксиду вуглецю, температуру продуктів згоряння; електроаналізатор, що вимірює та реєструє струми та напруги в 3-х фазах, активну та реактивну потужності, спожиту активну та реактивну електроенергію; безконтактний (інфрачервоний) термометр; набір термометрів з різними датчиками: повітряними, рідинними (занурювальними), поверхневими (накладними, контактними та ін.); люксометр; анемометр; гігрометр; накопичувач даних запису змінних сигналів.

У інструментальне обстеження входить кілька основних етапів, кожен з яких має свою специфіку та мету:

1. *Візуальне обстеження.* Цей етап передбачає візуальне огляд конструкцій, виявлення тріщин, вивітрювання, відшарування штукатурки та

інших видимих дефектів. Для цього використовуються фото- та відеозахоплення, а також бінокулярні лупи.

2. *Вимірювальні роботи.* В рамках цього етапу проводяться різні вимірювання та випробування з метою визначення фізичних та механічних властивостей матеріалів конструкцій. Наприклад, вимірювання товщини бетонних конструкцій, визначення рівня вологості, твердості та міцності матеріалів.

3. *Тепловізійне обстеження.* За допомогою тепловізійної камери проводиться аналіз теплових втрат та виявлення прихованих дефектів, таких як теплові мости, витікання тепла тощо.

4. *Магнітні та ультразвукові методи.* Ці методи використовуються для виявлення прихованих дефектів і вад матеріалів, таких як тріщини, включення, корозійні пошкодження і т.д.

5. *Електричні виміри.* Цей метод дозволяє визначити стан електричних систем, наявність корозії, витоків струму та інших аномалій.

Інструментальне обстеження дозволяє рано виявити потенційні проблеми, такі як корозія арматури, тріщини або зашлаковування залізобетонних конструкцій. Це дає можливість своєчасно вживати заходів щодо зміцнення та ремонту, що в результаті зберігає стабільність та безпеку будівлі.

Комбінація різних методів дозволяє визначити стан матеріалів та запобігти небажаним наслідкам, забезпечуючи тим самим довговічність і надійність конструкцій.

Ось деякі основні аспекти інструментального обстеження будівельних конструкцій:

1. *Зондування фундаментів.* Цей процес включає використання спеціалізованих інструментів для визначення глибини і стану фундаментів. Це важливо для оцінки надійності та стабільності фундаментів будівлі.

2. *Лабораторні випробування.* В ході технічного обстеження можуть бути проведені лабораторні випробування зразків матеріалів, взятих із

конструкцій, щоб оцінити їх фізичні та хімічні характеристики. Це допомагає визначити міцність та довговічність матеріалів.

3. *Неруйнівний контроль*. Цей метод включає використання різних технологій та приладів, таких як ультразвуковий контроль, радіографія, тепловізійне обстеження та інші, щоб виявляти дефекти та пошкодження внутрішніх конструкцій без руйнування поверхонь.

4. *Визначення геометрії прихованих об'єктів*. Інструменти, такі як лазерні вимірювачі та геодезичне обладнання, можуть використовуватися для визначення геометрії та розташування прихованих конструкцій, що допомагає виявити відхилення від проектних параметрів.

5. *Ознаки аварійного стану конструкцій*. У процесі інструментального обстеження звертають увагу на ознаки аварійного стану, такі як тріщини, корозія, деформації та інші аномалії, які можуть свідчити про проблеми в конструкціях.

6. *Висновки та рекомендації*. На основі результатів інструментального обстеження складаються висновки про стан конструкцій та розробляються рекомендації щодо подальших дій, включаючи необхідність посилення або проведення відновлювального ремонту.

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

Житловий двоповерховий будинок розташований за адресою: м. Херсон, вул. Вітрильна 7, буд. 4. Будівля має в основі прямокутник (6х16)м та спроєктована у формі паралелепіпеду, має 2 поверхи, житлова площа складає 190 м².



Рис. 3.1. Розташування будівлі на Google карті

Основні параметри будівлі:

Загальний об'єм будівлі складає 576 м³;

Загальна площа будівлі складає 190 м²;

Загальна площа приміщень 180 м²;

Корисна площа приміщень 144 м².

Габаритні розміри будівлі:

(довжина Д, ширина Ш, висота В)

6,0м x 16,0м x 8,0м.

Інженерне обладнання об'єкту:

- | | | |
|----|-------------------------|-------|
| 1. | Водопровідна лінія | 54 м; |
| 2. | Каналізаційна лінія | 57 м; |
| 3. | Автономне опалення | 96 м; |
| 4. | Лінія електроосвітлення | 84 м. |

Зовнішній вигляд житлового будинку представлено на рис. 3.2.



Рис. 3.2. Зовнішній вигляд будівлі

Система тепlopостачання

Будівля має автономне опалення, встановлено комбінований котлоагрегат «КЧМ-5», технічні показники, якого наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 Технічні показники комбінованого котлоагрегату «КЧМ-5»

№ п/п	Найменування показника	Значення показника
1.	Номінальна теплопродуктивність, кВт	38,5
2.	Коефіцієнт корисної дії, %	87,3
3.	Температура газів, що йдуть, °С	240
4.	Номінальне розрідження за котлом, Па (кг·с/м ²)	15
5.	Гідравлічний опір, кПа	141
6.	Вид палива	природний газ
7.	Теплота згоряння газу, МДж/м ³	33,5-41,8
8.	Витрата газу, м ³ /год	4,4
9.	Обсяг води в котлі, м ³	0,059
10.	Коефіцієнт робочого регулювання теплової потужності пального	5
11.	Габаритні розміри котла, мм довжина ширина висота	835 500 1150
12.	Маса котла, кг	295

При дослідженні будівлі були зафіксовані металічні секційні радіатори (рис. 3.3).



Рис. 3.3. Металічні секційні радіатори в будівлі

Згідно технічному плану будівлі загальна розрахункова площа встановлених опалювальних приладів – 27,3 м². Зафіксовано незадовільний стан опалювальних приладів, їх фізична зношеність.

Огороджувальні конструкції будівель. При обстеженні будівель були зроблені зовнішні обміри геометричних розмірів, визначена фактична товщина огороджувальних конструкцій та їхніх елементів, з'ясовано матеріал, що їх складає.

Отримана інформація зведена до табл. 3.2.

Таблиця 3.2. Основні характеристики огороджувальних конструкцій будівель

Тип кон- струкції	Матеріал	Товщина, м	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·°C)	Загальна площа, м ²
Зовнішні стіни				
1.	Цегла	0,51	0,8	352
	Цементно-піщана штукатурка	0,02	0,71	
	Пінопласт	0,013	0,064	

Дах				
1.	Дерево сосна (дошки)	0,06	0,18	95
	Дерево сосна (брус)	0,15	0,18	
	Плити мінеральної вати	0,08	0,056	
	Металочерепиця	0,025	55	
Підлога				
1.	Залізобетонні плити	0,10	2,04	24
	Керамічна плитка	0,01	1,05	
2.	Залізобетонні плити	0,10	2,04	71
	Пінополіетилен	0,003	0,07	
	Ламінат	0,008	0,08	
Вікна				
1.	Скло	0,006	0,74	19,44
	Повітряний прошарок	0,02	0,19	
		Пластиковий профіль	0,05	0,22
Двері				
1.	Метал	0,002	45	1,8
	Дерево сосна	0,05	0,18	1,8

При обстеженні було виявлено вікна типової конфігурації загальною кількістю – 12 (загальна площа 21,6 м²). 100 % вікон складають сучасні дешеві склопакети. Характерні типи вікон наведені на рис. 3.4.



а)



б)

Рис. 3.4. Типи вікон будівлі

Вхідні двері в дім – металодерев'яні (загальна площа 1,8 м²) наведені на рис. 3.5.



Рис. 3.5. Типи дверей будівлі

При обстеженні були виявлені та зафіксовані такі відхилення від технічних норм.

Виявлення грибків на огорожувальних конструкціях будівлі може бути ознакою постійної вологості та вогкості (рис. 3.6).

Для усунення проблеми необхідно з'ясувати причини надмірної вологості та визначити способи вирішення цієї проблеми. Це може включати перевірку і усунення проблем у водостічних системах, покращення вентиляції, заміну або ремонт ізоляції, а також видалення грибків та розробку стратегії для запобігання їхньому повторному з'явленню.



а)



б)

Рис. 3.6. Стан внутрішніх стін будівель

3.2 Аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі

Основними енергоресурсами, що споживаються при експлуатації житлового будинку є електроенергія, газ та вода. Їх фактичне споживання наведено в табл. 3.3, 3.4 та 3.5, та рис. 3.7- 3.12.

Таблиця 3.3 Фактичне споживання електроенергії (кВт)

Місяць	2020		2021		2022		2023		2024	
	кВт	грн.	кВт	грн.	кВт	грн.	кВт	грн.	кВт	грн.
Січень	685	1150,8	688	1155,84	705	1184,4	667	1760,88	686	2963,52
Лютий	655	1100,4	668	1122,24	659	1107,12	635	1676,4	665	2872,8
Березень	693	1164,24	691	1160,88	701	1177,68	673	1776,72	694	2998,08
Квітень	625	1050	652	1095,36	628	1055,04	616	1626,24	657	2838,24
Травень	585	982,8	596	1001,28	555	932,4	565	1491,6	599	2587,68
Червень	525	882	528	887,04	521	875,28	505	1333,2	531	2293,92
Липень	520	873,6	514	863,52	526	883,68	500	1320,0	517	2233,44
Серпень	558	937,44	555	932,4	564	947,52	538	1420,32	559	2414,88
Вересень	520	873,6	514	863,52	526	883,68	500	1320,0	519	2242,08
Жовтень	621	1043,28	652	1095,36	636	1068,48	601	1586,64	655	2829,6
Листопад	651	1093,68	648	1088,64	649	1090,32	631	1665,84	649	2803,68
Грудень	665	1117,2	688	1155,84	679	1140,72	645	1702,8	691	2985,12
Всього за рік, кВт·год	7303	12269,04	7394	12421,92	7349	12346,32	7076	18680,64	7422	32063,04

Така тенденція споживання електроенергії є досить типовою для багатьох регіонів через зміни в кліматі та побутових потребах людей. Зазвичай, в холодні місяці (зима та осінь) споживання електроенергії збільшується через наступні фактори.

Опалення. Використання систем опалення, таких як обігрівачі, радіатори, підлогове опалення тощо, споживає багато енергії у холодні місяці для підтримання комфортної температури в приміщеннях.

Довший період освітлення. У зимовий період дні стають коротшими, тому споживачі використовують більше світла вдома та на робочих місцях, що також призводить до збільшення споживання електроенергії.

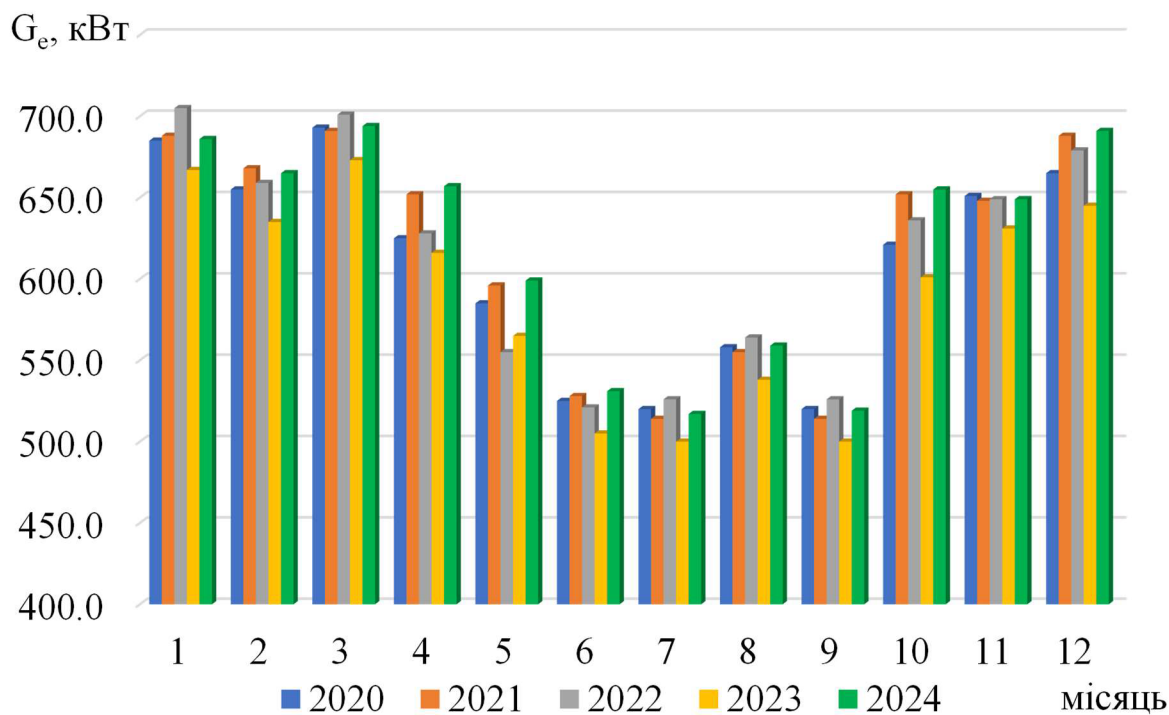


Рис. 3.7. Фактичне споживання електроенергії (кВт)

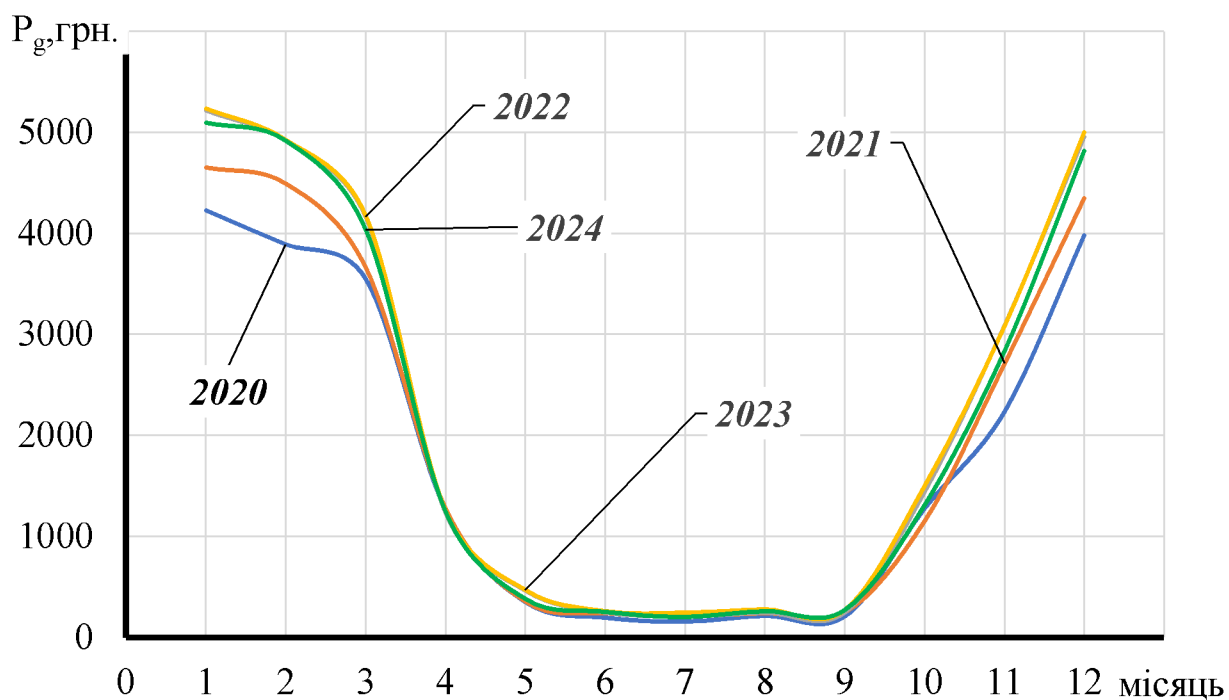


Рис. 3.8. Сплата за споживання електроенергії (грн.)

Зменшення споживання влітку та навесні може бути зумовлене наступними факторами:

Кондиціювання приміщень. У багатьох регіонах кондиціонування приміщень (використання кондиціонерів) стає основним споживачем електроенергії у теплі місяці, адже вони використовуються для охолодження приміщень, щоб забезпечити комфорт під час спеки.

Більше природного освітлення. У тепліші місяці люди частіше користуються природним світлом, відкриваючи вікна та використовуючи менше штучного освітлення.

Такі зміни в споживанні електроенергії в залежності від сезону є досить звичайними й можуть бути викликані різноманітними факторами, такими як кліматичні умови, стандарти споживання та поведінка споживачів.

Таблиця 3.4 Фактичне споживання газу (тис. м³)

Місяць	2020		2021		2022		2023		2024	
	тис.м ³	грн.	тис.м ³	грн.	тис.м ³	грн.	тис.м ³	грн.	тис.м ³	грн.
Січень	0,668	4230,59	0,645	4654,30	0,656	5219,37	0,658	5237,68	0,64	5094,4
Лютий	0,615	3890,54	0,623	4494,59	0,618	4917,53	0,619	4927,24	0,618	4919,28
Березень	0,561	3550,50	0,507	3661,84	0,523	4162,92	0,525	4179,00	0,507	4035,72
Квітень	0,199	1260,18	0,177	1277,65	0,155	1232,53	0,157	1249,72	0,156	1241,76
Травень	0,055	350,05	0,049	353,64	0,058	465,34	0,059	469,64	0,048	382,08
Червень	0,032	200,03	0,033	239,56	0,032	251,54	0,033	262,68	0,032	254,72
Липень	0,025	160,02	0,030	216,74	0,027	213,81	0,031	246,76	0,026	206,96
Серпень	0,035	220,03	0,033	239,56	0,032	251,54	0,035	278,60	0,033	262,68
Вересень	0,033	210,03	0,035	250,97	0,032	251,54	0,034	270,64	0,034	270,64
Жовтень	0,202	1280,18	0,160	1152,17	0,182	1446,33	0,189	1504,44	0,165	1313,4
Листопад	0,354	2240,31	0,376	2715,01	0,389	3093,89	0,388	3088,48	0,357	2841,72
Грудень	0,629	3980,56	0,602	4346,30	0,623	4955,26	0,628	4998,88	0,605	4815,8
Всього за опалювальний сезон	3,408	21573,02	3,269	23602,32	3,324	26461,59	3,356	26713,76	3,221	25639,16

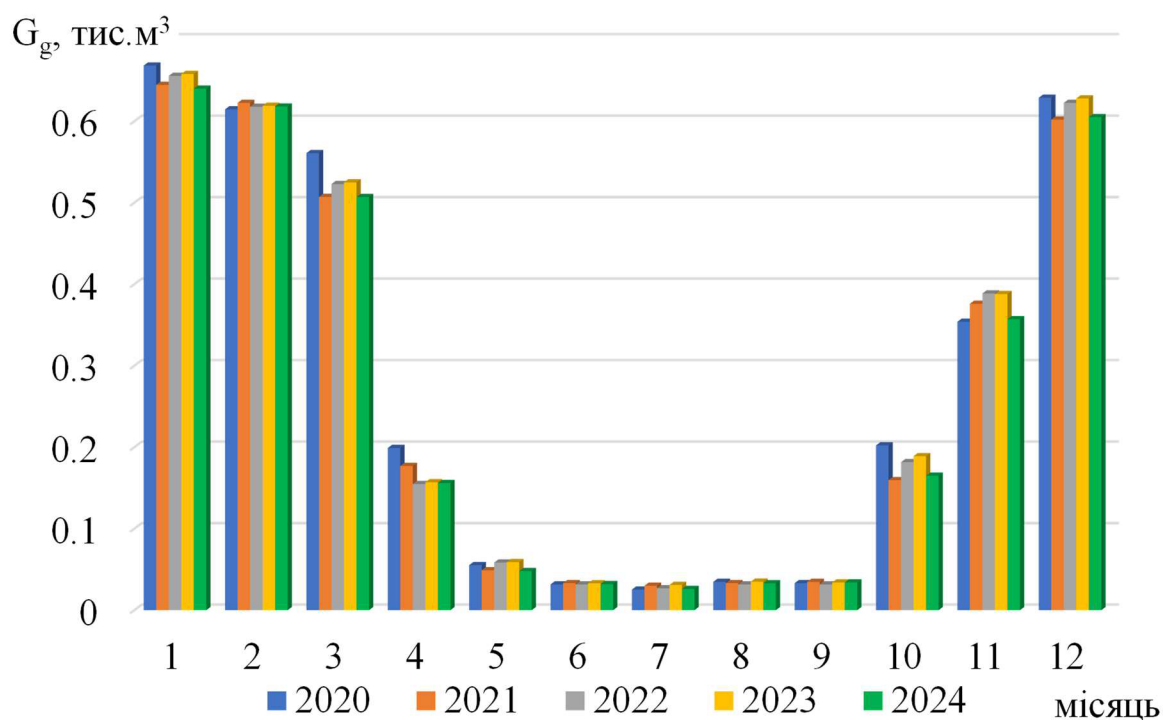


Рис. 3.9. Фактичне споживання газу (тис. м³)

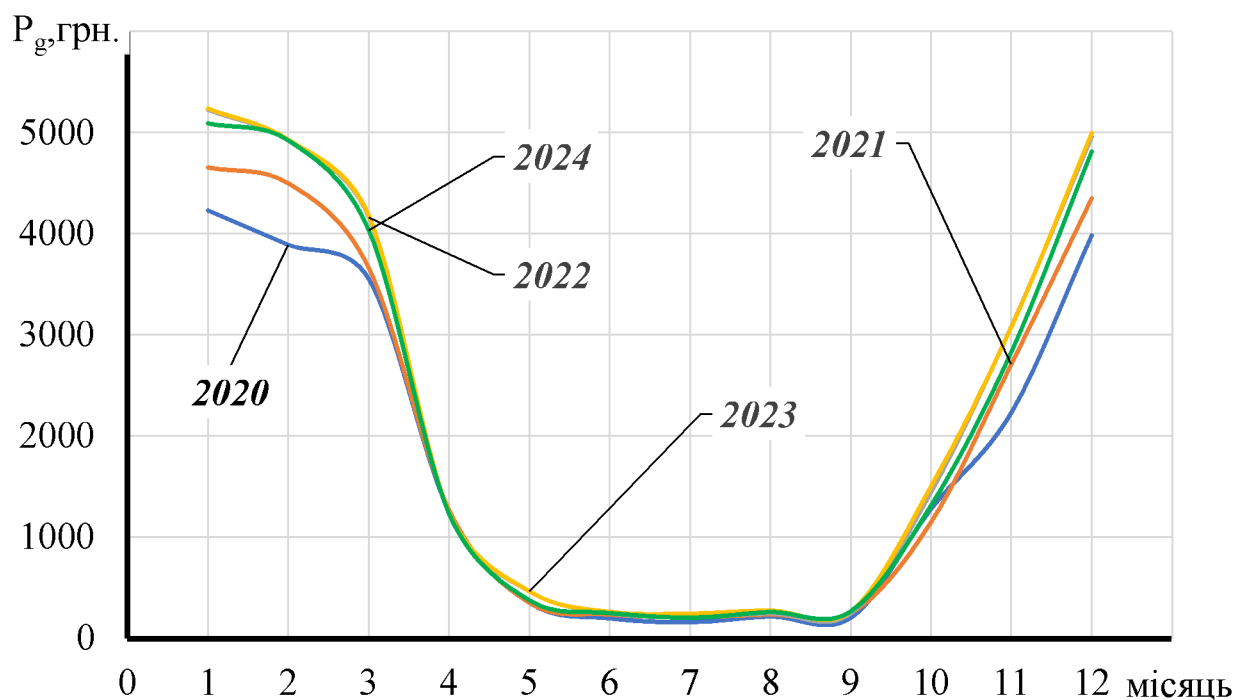


Рис. 3.10. Сплата за споживання газу (грн.)

Тенденція споживання газу для опалення будівель зазвичай є сезонною і пов'язана з погодними умовами та потребами у відповідному опалювальному періоді. Типова тенденція полягає в тому, що споживання газу зростає на початку опалювального сезону, коли температура падає і люди починають

активно використовувати системи опалення для створення комфортних умов в будинках та приміщеннях.

Підвищене споживання газу в найбільш холодні місяці поточних років є зрозумілою тенденцією, оскільки в холодні періоди люди зазвичай збільшують використання опалення, щоб утримувати тепло в приміщеннях. Це може бути зумовлене низькими температурами, тривалими періодами холоду або змінами клімату в певному регіоні.

Наприкінці зими споживання газу, як правило, починає зменшуватися, оскільки температура поступово підвищується, а потреба в опаленні зменшується. Це може бути пов'язане з настанням весняного періоду, коли температура повітря поступово підіймається, і опалення вже не є настільки необхідним для забезпечення комфортних умов.

Таблиця 3.5 Фактичне споживання води (м³)

Місяць	2020		2021		2022		2023		2024	
	м³	грн.	м³	грн.	м³	грн.	м³	грн.	м³	грн.
Січень	14	285,6	14	347,48	14	410,76	14	429,744	14	429,744
Лютий	14	285,6	14	347,48	12	352,08	14	429,744	14	429,744
Березень	14	285,6	16	397,12	14	410,76	14	429,744	14	429,744
Квітень	16	326,4	16	397,12	16	469,44	17	521,832	17	521,832
Травень	20	408	18	446,76	22	645,48	21	644,616	22	675,312
Червень	20	408	20	496,4	22	645,48	22	675,312	22	675,312
Липень	24	489,6	22	546,04	22	645,48	22	675,312	22	675,312
Серпень	24	489,6	26	645,32	24	704,16	24	736,704	25	767,4
Вересень	20	408	20	496,4	18	528,12	19	583,224	20	613,92
Жовтень	16	326,4	16	397,12	16	469,44	16	491,136	16	491,136
Листопад	14	285,6	12	297,84	14	410,76	13	399,048	14	429,744
Грудень	14	285,6	14	347,48	12	352,08	13	399,048	14	429,744
Всього за рік	210	4284	208	5162,56	206	6044,04	209	6415,464	214	6568,944

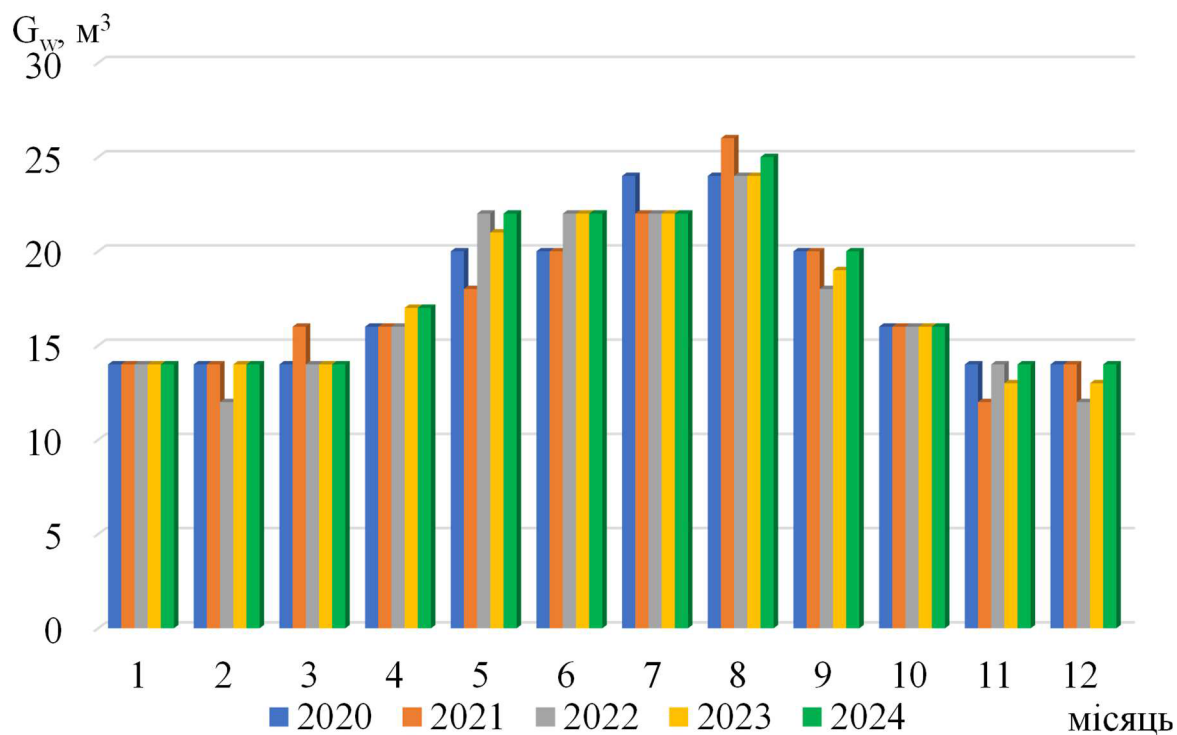


Рис. 3.11. Фактичне споживання води (м³)

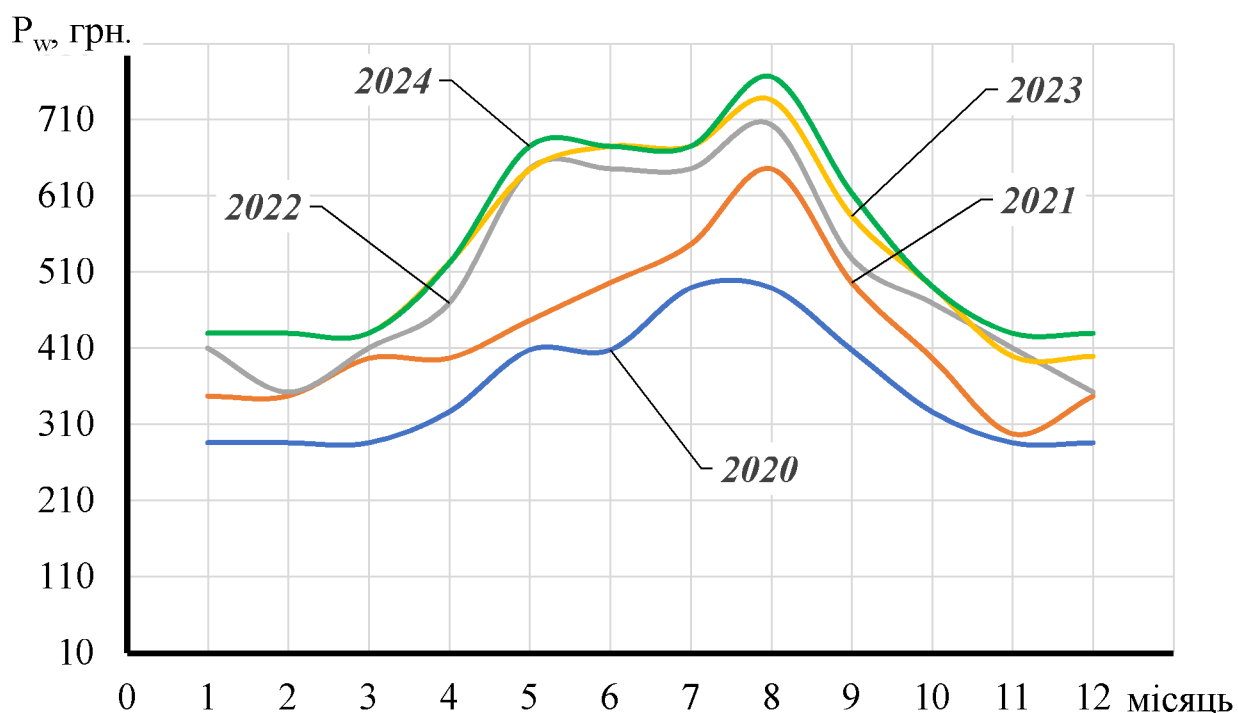


Рис. 3.12. Сплата за споживання води (грн.)

Збільшене споживання води у літні місяці може бути зумовлене різними факторами, одним з яких є полив присадибної ділянки. У тепліші місяці люди зазвичай витрачають більше води на полив рослин, газонів та саду, оскільки в

цей період велика частина рослин потребує більше вологи для збереження життєвих процесів та зростання.

Основні причини збільшеного споживання води у літні місяці через полив включають:

1. Потреби рослин. У високі температури рослини швидше випаровують вологу і мають більшу потребу у воді для збереження життєвих процесів.

2. Розвиток саду та газону. Власники оселями вкладають більше зусиль у догляд за садом та газоном влітку, що потребує більшої кількості води для поливу.

3. Підвищена активність на вулиці. У літні місяці більше людей проводять час на вулиці, можуть використовувати воду для наповнення басейнів, поливу для розваг та інших забав.

У таблиці 3.6 наведені сумарні витрати коштів на енергопостачання.

Таблиця 3.6 Сумарні витрати коштів на енергопостачання будинку

Енергоресурси	2020	2021	2022	2023	2024
Електроенергія, грн.	12269,04	12421,92	12346,32	18680,64	32063,04
Газ, грн.	21573,02	23602,32	26461,59	26713,76	25639,16
Вода, грн.	4284,00	5162,56	6044,04	6415,46	6568,94
Всього нараховано, грн.	34274,95	39977,27	42603,62	45016,90	51802,18

В результаті проведеної роботи була зібрана та проаналізована інформація щодо споживання електроенергії, газу та води за останні п'ять років (рис. 3.13, 3.14).

Виявлено помірне зростання споживання електроенергії будинком взимку, що може бути зумовлено підігрівом акваріуму за рахунок користування електричними опалювальними приборами (рис. 3.13). Також необхідне посилення контролю за роботою освітлювальних приборів та проведення заходів щодо раціоналізації роботи системи освітлення. Бачимо, що 40%

витрат коштів становлять витрати на газопостачання (опалення) та 50% на електропостачання (рис. 3.14).

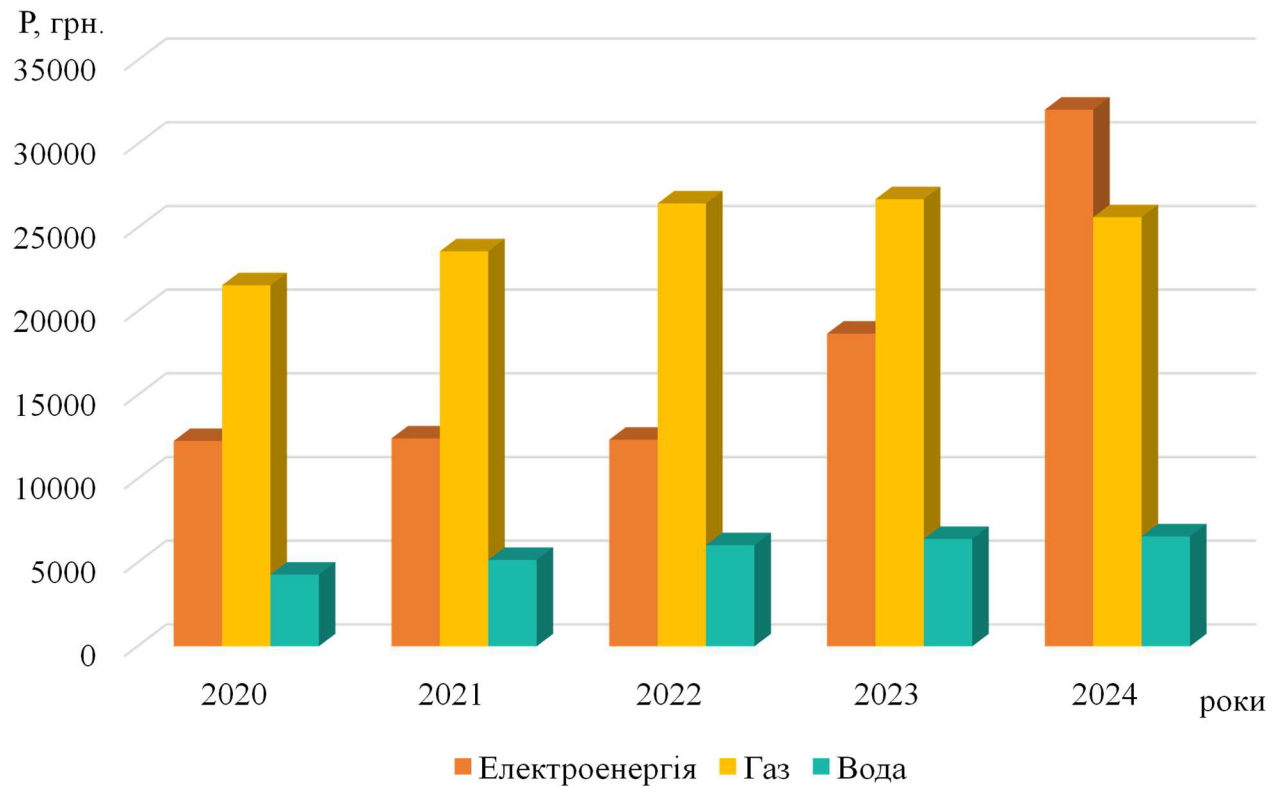


Рис. 3.13. Витрати коштів на енергопостачання будинку

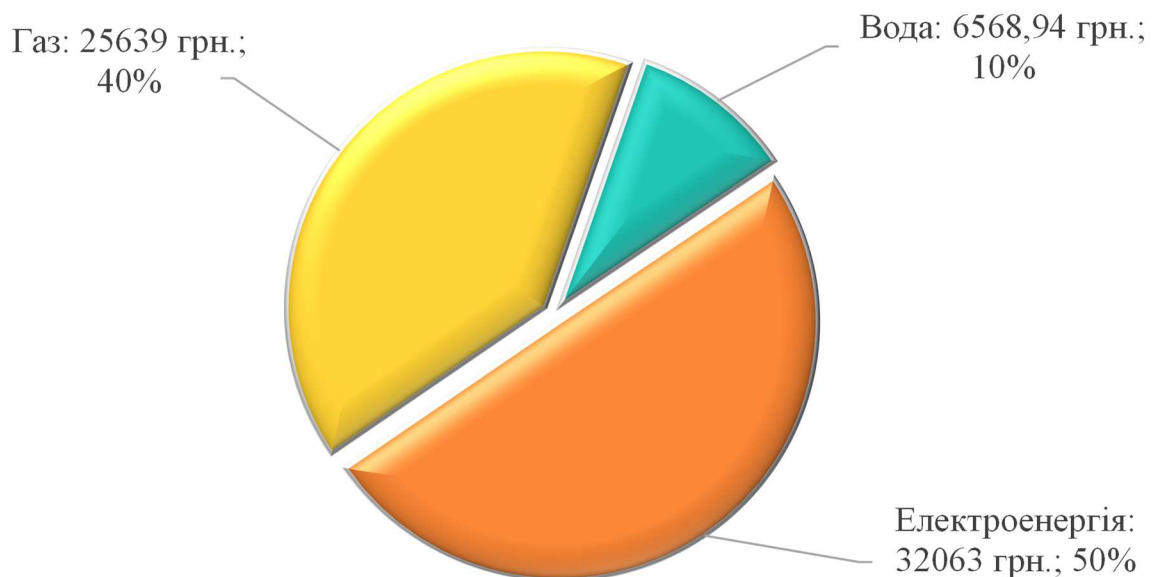


Рис. 3.14. Сумарні витрати коштів на енергопостачання будинку

Заходи, що є ефективними способами зменшення споживання електричної енергії і підвищення енергоефективності будівель:

1. Заміна існуючих ламп на LED-лампи допоможе зменшити споживання електроенергії для освітлення приміщень.

2. Застосування датчиків освітлення для вмикання нічних автономних світильників. Нічні автономні світильники можуть бути енергоефективним рішенням для освітлення вночі без необхідності включення основного освітлення.

3. Встановлення сонячного колектору замість електричного бойлеру. Це екологічно чистий та енергоефективний спосіб отримання гарячої води.

Застосування таких заходів не лише зменшує споживання електричної енергії, а й допомагає знизити рахунки за комунальні послуги та має позитивний вплив на навколишнє середовище через зменшення викидів CO₂ та інших шкідливих речовин.

Заходи спрямовані на підвищення енергоефективності та зменшення споживання газу для опалення:

1. Поліпшення теплоізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій. Використання ізоляційних матеріалів вдосконаленої якості може значно знизити споживання газу для опалення в холодний період.

2. Встановлення колекторів між стіною та приладами опалення. Це дозволяє ефективніше використовувати тепло та зменшити втрати енергії під час передачі тепла в приміщення.

3. Усунення втрат тепла через зіпсовану ізоляцію трубопроводів. Перевірка та відновлення ізоляції труб може допомогти уникнути втрат тепла та знизити споживання газу для опалення води.

Для зменшення витрат води на полив, можна розглянути наступні можливості:

1. Системи автоматичного поливу: Використання систем автоматичного поливу з можливістю регулювання та програмування дозволяє оптимізувати витрати води, поливаючи рослини в оптимальні часи та кількості.

2. Вибір водоекономних рослин. Вирощування рослин, які легше переносять відсутність води або вимагають меншої кількості поливу, може допомогти скоротити витрати води.

3. Мульчування ґрунту. Покриття ґрунту мульчою допомагає утримувати вологу, зменшуючи випаровування і, отже, потребу в поливі.

Ці підходи можуть допомогти ефективніше використовувати воду під час поливу, що допоможе зменшити споживання води у літні місяці.

3.3 Визначення приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

Розрахунок приведенного опору теплопередачі здійснюється для кожного типу огорожувальних конструкцій окремо.

Визначають опір теплопередачі зовнішніх стін згідно з формулою ДСТУ Б В.2.6-189:2013.

Для м. Херсона умови експлуатації – Б.

Таблиця 3.7 Типи зовнішніх стін

Тип	Опір теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Площа, м^2	Висновок
Тип 1	2,855	352	Необхідне проведення енергозберігаючих заходів.

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін в II-й температурній зоні експлуатації України (м. Херсон) становить $R_{q \min} = 3,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Співставлення цих значень вказує на те, що фактичний опір теплопередачі нижчий від мінімально допустимого рівня, що може бути підставою для висновку про необхідність утеплення зовнішніх стін.

Дах будівлі (табл. 3.8):

Таблиця 3.8 Типи крівлі

Тип	Опір теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Площа, м^2	Висновок
Тип 1	2,794	95	Необхідне проведення енерго- зберігаючих заходів.

Мінімально допустимий опір теплопередачі покриття неопалювальних горищ $R_{\min} = 5,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Співставлення цих значень вказує на те, що фактичний опір теплопередачі нижчий від мінімально допустимого рівня, що може бути підставою для висновку про необхідність проведення утеплення верхнього покриття корпусу.

Підлога будинку

Таблиця 3.9 Підлога будинку

Тип	Опір теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Площа, м^2	Висновок
Тип 1	0,232	24	Необхідне проведення енерго- зберігаючих заходів.
Тип 2	0,366	71	Необхідне проведення енерго- зберігаючих заходів.

Мінімально допустимий опір теплопередачі покриття над неопалювальним підвалом $R_{\min} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Світлопрозорі огорожувальні конструкції будівлі

Таблиця 3.10 Світлопрозорі огорожувальні конструкції будинку

Тип	Опір теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Площа, м^2	Висновок
Однокамерні металопластикові вікна	0,45	21,6	Опір теплопередачі не відповідає нормативним вимогам.

Відповідно [4], мінімально допустимий опір теплопередачі вікон та світлопрозорих конструкцій дорівнює $R_{\min} = 0,7 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. Фактичний опір теплопередачі нижчий від мінімально допустимого рівня, що може бути підставою для висновку про необхідність проведення утеплюючих заходів.

Двері будівлі

Таблиця 3.11 Двері будівлі

Тип	Опір теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	Площа, м^2	Висновок
Металеві	0,446	1,8	Необхідне проведення енергозберігаючих заходів.

Відповідно [4], мінімально допустимий опір теплопередачі зовнішніх дверей дорівнює $R_{\min} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. На підставі співставлення фактичного опору теплопередачі з мінімально допустимим робиться висновок про необхідність проведення утеплюючих заходів.

Приведений опір теплопередачі всієї огорожувальної конструкції дорівнює $R_{\Sigma \text{пр}} = 2,015 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Аналіз відповідності фактичних теплотехнічних показників зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі мінімально допустимим згідно вимог

наведено нижче. Не відповідають показникам всі типи огорожувальних конструкцій: вікно, зовнішні стіни, двері, дах, підлога.

3.4 Визначення річних витрат енергії

Мета розрахунку виявити, чи фактичні витрати палива для опалення будинку відповідають або перевищують максимальні нормативні тепловитрати, які були розраховані для даного типу будівлі або огорожувальних конструкцій.

Нормативна максимальна питома енергопотреба, згідно вимог ДБН В.2.6-31:2016 [3], для двоповерхової будівлі, що розміщена у II температурній зоні, площею 190 м² - 110 кВт·год/м².

Фактичні тепловитрати знаходимо за допомогою витрат природного газу на котельню. Отримаємо такі показники за п'ять останніх років (табл. 3.12):

Таблиця 3.12 Фактичні тепловитрати

Опалювальний сезон	Витрати газу, тис.м ³	Питомі тепловитрати, кВт·год/м ²
2019-2020	3,408	125,271
2020-2021	3,269	120,162
2021-2022	3,324	122,183
2022-2023	3,356	123,359
2023-2024	3,221	118,397

Значення розрахункових тепловитрат залежить від об'ємно-габаритних показників будівлі, від теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій. Розрахункові тепловитрати дорівнюють – 118,397 кВт·год/м².

Таким чином можна побачити, що фактичні перевищують встановлені норми.

3.5 Визначення теплових витрат через огорожувальні конструкції

Теплові витрати розраховувалися для кожного типу огорожувальних конструкцій окремо з деталізацією по сторонам світу. Введення коефіцієнта f для виявлення найбільш тепловитратних ділянок в огорожувальних конструкціях допомагає відобразити кількість тепловитрат на одиницю площі. Це може допомогти в ідентифікації конкретних ділянок, де втрати тепла найвищі на 1 м^2 .

Отримані результати зведені до табл. 3.13 та на рис. 3.15.

Таблиця 3.13 Тепловитрати через огорожувальні конструкції

Огорожувальна конструкція	Теплові витрати, Вт	Питомі витрати, Вт/м ²
Вікна	2218	102,69
Зовнішні стіни	5472	15,545
Дах	1286	13,537
Підлога, тип 1	3042	126,75
Підлога, тип 2	5798	81,662
Двері	264	146,67
Разом	18080	486,846

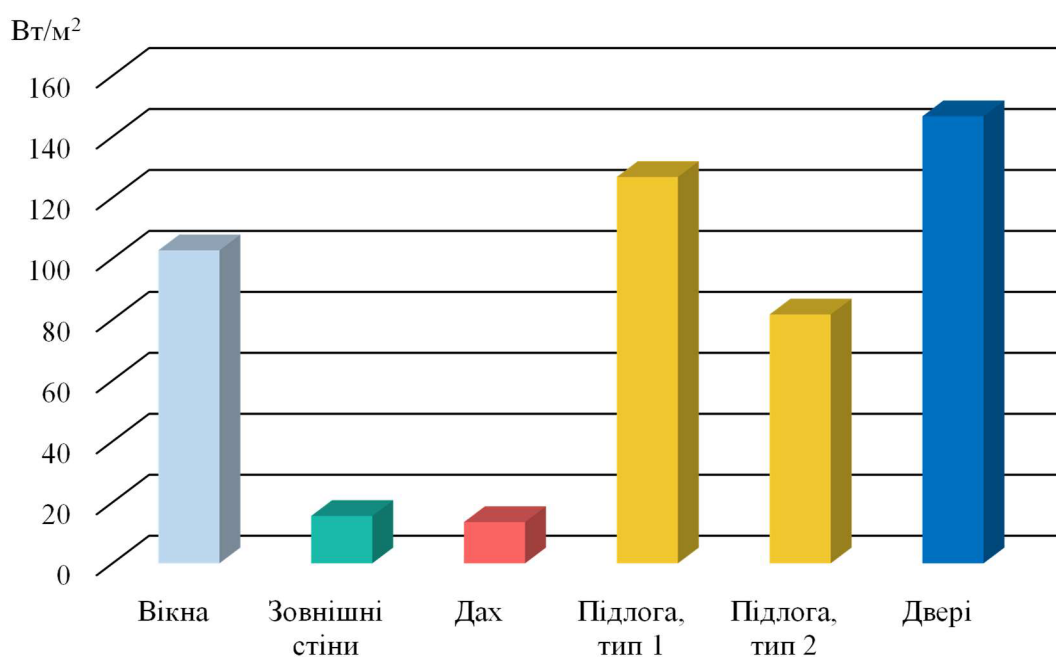


Рис. 3.15. Показник питомих тепловитрат через огорожувальні конструкції

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.

3.6 Аналіз витрат тепла через огорожувальні конструкції

З отриманням результатів попередніх розрахунків необхідно звести кругову діаграму "Розподіл існуючих теплових втрат", приведена на рис. 3.16 та доповнюється зведена таблиця теплових втрат, табл. 3.14.

Таблиця 3.14 Теплові втрати будівлі

1) Витрати тепла шляхом теплопередачі, кВт	
- вікна	2,218
- зовнішні стіни	5,472
- дах	1,286
- двері	0,264
- підлога	8,84
Σ	18,08
2) Витрати тепла шляхом інфільтрації, кВт	
Σ	3,5
Сумарні витрати тепла	21,58 кВт

Аналізуючи отриману інформацію визначаємо, що найбільшу кількість теплоти корпус втрачає через зовнішні стіни втрачається 25,4 % загальних тепловтрат, через вікна – 10,3 %, через дах – 6 %, через підлогу – 41 %, через вхідні двері – 1,2 %.

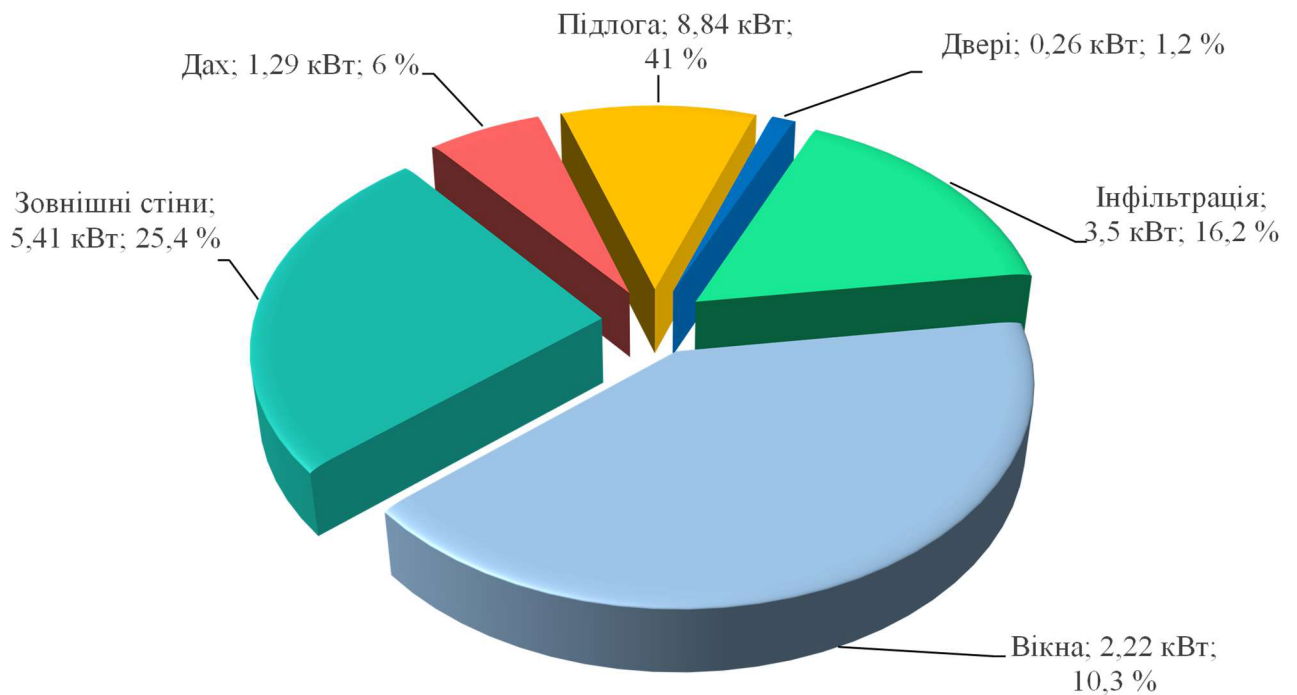


Рис. 3.16. Розподіл існуючих теплових втрат в корпусі будівлі

3.7 Висновки по розділу 3

1. За результатами обстеження двоповерхової будівлі у місті Херсоні встановлено стан її основних елементів на даний час, а саме огорожувальних конструкцій, вікон, дверей та опалювального обладнання.
2. Виконано аналіз інформації щодо споживання електроенергії, палива та води за останні 5 років, 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 (25,4 %), підлогу (41 %), вікна (10,3 %), дах (6 %).

4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

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

Для впровадження проєкту енергозбереження будівлі були запропоновані такі заходи:

- заміна старих вікон на нові металопластикові (двокамерний енергозберігаючий склопакет);
- заміна дверей;
- теплоізоляція зовнішніх стін (застосування в якості утеплювача пінополістерол);
- теплоізоляція крівлі;
- утеплення підлоги.

4.1 Оцінка витрат

Витрати можуть бути розділені на дві основні категорії: капітальні і експлуатаційні. Капітальні витрати включають витрати, пов'язані з інвестиціями в об'єкти, які необхідні для здійснення проєкту. Це може включати витрати на заміну, модернізацію або будівництво нових об'єктів та устаткування. Аналіз капітальних витрат на реконструкцію зазвичай проводиться на підставі кошторису, який включає інформацію про склад устаткування, обсяг будівельних і монтажних робіт, прейскуранти цін на

устаткування та матеріали, норми й розцінки на будівельні й монтажні роботи, а також інші витрати, пов'язані з реконструкцією чи модернізацією об'єкта.

Аналіз капітальних витрат вимагає докладного огляду і оцінки всіх витрат, пов'язаних з реалізацією проекту, та їхнього впливу на фінансові показники, щоб прийняти рішення про вартість і вигоди реалізації проекту.

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

Таблиця 4.1 Витрати на заміну вікон

Найменування	Вартість, грн/м ²	Загальна площа, м ²
1. Закупівля матеріалів:		
– двокамерний склопакет з енергозберігаючим склом	1790,00	21,6
– підвіконня.	140,00	
2. Монтажні роботи	200,00	Сумарна вартість
Сумарна вартість одиниці, Σ =	2130,00	46008,00

- 2) *Заміна дверей* (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 Витрати на заміну дверей

Найменування	Вартість, грн/м ²	Загальна площа, м ²
1. Закупівля матеріалів:		
– двокамерні металопластикові двері	4950	1,8
2. Монтажні роботи	250,00	Сумарна вартість
Сумарна вартість одиниці, Σ =	5200,00	9360,00

- 3) *Теплоізоляція зовнішніх стін будівлі (застосування в якості утеплювача сучасний пінополістерол)* (табл. 4.3).

Таблиця 4.3 Витрати на теплоізоляцію зовнішніх стін

Найменування	Вартість, грн/м ²	Площа, м ²
1. Закупівля матеріалів:		
– пінополістерол Technoplex 50 мм;	168,00	352
– інші матеріали	150,00	
2. Монтажні роботи	150,00	Сумарна вартість
Сумарна вартість одиниці, Σ =	468,00	164736,00

4) Теплоізоляція крівлі (табл. 4.4).

Таблиця 4.4 Витрати на теплоізоляцію крівлі

Найменування	Вартість, грн/м ²	Площа, м ²
1. Закупівля матеріалів:		
– утеплювач Isover KT 40-TWIN-75;	42,2	95
– клей «Артисан С-14»;	28,2	
2. Монтажні роботи	25,00	Сумарна вартість
Сумарна вартість одиниці, Σ =	95,40	9063,00

Теплоізоляція підлоги (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 Витрати на теплоізоляцію підлоги

Найменування	Вартість, грн/м ²	Площа, м ²
1. Закупівля матеріалів:		
– утеплювач пінополіуретан Elastospray LWP 1672/1;	23,0	24
– клей «Артисан С-11»;	29,5	
– керамічна плитка	255,5	

2. Монтажні роботи	120,00	
3. Закупівля матеріалів:		
– утеплювач пінополіуретан Elastospray LWP 1672/1;	23,0	71
– ламінат YILDIZ Entegre Promo egescan 31/AC3 8 мм;	319,5	
– підкладка Warm Step полістирольна XPS	27,0	
4. Монтажні роботи	250,00	Сумарна вартість
Сумарна вартість одиниці, Σ =	571,1	54256,50

- 5) *Встановлення тепловідштовхуючого екрану між приладами опалення та стіною (табл. 4.6).*

Таблиця 4.6. Витрати на встановлення тепловідштовхуючого екрану

Найменування	Вартість, грн/м ²	Загальна площа, м ²
1. Закупівля матеріалів:		
– пінофол ППЕ, одностороннє фольгування (5 мм);	43,8	27,3
– скотч прозорий двосторонній (18 мм x 10м) «САМАТ».	52,8	
2. Монтажні роботи	24,00	Сумарна вартість
Сумарна вартість одиниці, Σ =	120,6	3292,38

4.2 Оцінка економії коштів за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів

У результаті впровадження енергозберігаючого проєкту оцінюється економічний ефект по кожному заходу при умові їх стовідсоткового виконання. Результати зведені в табл. 4.7.

Таблиця 4.7 Економічний ефект від впровадження запропонованих енергозберігаючих заходів

Енергозберігаючі заходи	Існуюча ситуація		Після реалізації проекту		Економія	
	Кількість Гкал/рік	грн./рік	Кількість Гкал/рік	грн./рік	Кількість Гкал/рік	грн./рік.
Заміна вікон на нові	14,177	23586,19	11,196	18626,26	2,981	4959,92
Теплоізоляція зовнішніх стін	18,392	30598,30	12,090	20113,68	6,302	10484,61
Теплоізоляція даху	4,322	7191,05	2,585	4300,09	1,738	2890,96
Теплоізоляція підлоги	29,713	49431,46	20,049	33355,05	9,663	16076,41
Заміна дверей	0,887	1476,23	0,474	788,44	0,413	687,79
Встановлення тепловідштовхуючого екрану між приладами опалення та стіною	5,042	8387,69	3,865	6430,56	1,176	1957,13

Обираючи остаточні енергозберігаючі заходи потрібно порівняти необхідні інвестиції для їх впровадження з економією коштів в наслідок їх проведення. Відношення цих показників визначає простий строк окупності заходів (табл. 4.8).

Таблиця 4.8 Прості строки окупності запропонованих заходів.

№ п/п	Енергозберігаючі заходи	Інвестиції для впровадження, грн.	Економія внаслідок впровадження, грн./рік	Строк окупності, років
1.	Заміна старих вікон на нові	46008,00	4959,92	9,28
2.	Теплоізоляція зовнішніх стін будинку	164736,00	10484,61	15,71
3.	Теплоізоляція даху	9063,00	2890,96	3,13
4.	Теплоізоляція підлоги	54256,5	16076,41	3,37
5.	Заміна дверей	9360,00	687,79	13,61
6.	Встановлення тепло- відштовхуючих екранів між приладами опалення та стіною	3292,38	1957,13	1,68

Таблиця 4.9 Проєкт енергозбереження двоповерхової будівлі № 1

№ п/п	Енергозберігаючі заходи	Потрібні інвестиції, грн.	Економія коштів, грн./рік
1.	Заміна старих вікон на нові	46008,00	4959,92
2.	Заміна дверей	9360,00	687,79
3.	Встановлення тепло- відштовхуючих екранів між приладами опалення та стіною	3292,38	1957,13
4.	Теплоізоляція зовнішніх стін будинку	164736,00	10484,61
	Σ=	223396,38	18089,45

Таблиця 4.10 Проєкт енергозбереження двоповерхової будівлі № 2

№ п/п	Енергозберігаючі заходи	Потрібні інвестиції, грн.	Економія коштів, грн./рік
1.	Заміна старих вікон на нові	46008,00	4959,92
2.	Заміна дверей	9360,00	687,79
3.	Встановлення тепло- відштовхуючих екранів між приладами опалення та стіною	3292,38	1957,13
4.	Теплоізоляція даху	9063,00	2890,96
	Σ=	67723,38	10495,8

Таблиця 4.11 Проєкт енергозбереження двоповерхової будівлі №3

№ п/п	Енергозберігаючі заходи	Потрібні інвестиції, грн.	Економія коштів, грн./рік
1.	Заміна старих вікон на нові	46008,00	4959,92
2.	Теплоізоляція даху	9063,00	2890,96
3.	Встановлення тепло- відштовхуючих екранів між приладами опалення та стіною	3292,38	1957,13
4.	Теплоізоляція підлоги	54256,5	16076,41
	Σ=	112619,88	25884,42

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 (II). Показники рентабельності запропонованих проєктів наведені у табл. 4.12.

Таблиця 4.12 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 П
1.	223396,38	18089,45	12,35	17,8	108,96	8,5%	1,01
2.	67723,38	10495,80	6,45	8,52	2704,27	9%	1,04
3.	112619,88	25884,41	4,35	6,71	7040,65	10%	1,06

Проект №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 Проекту №2 та Проекту №3.

Чим більший чистий дисконтований прибуток ДП, тим більш економічно цікавим для інвесторів є проєкт. Всі три проєкти є економічно доцільними, найбільші прибутки інвестори отримують при впровадженні Проекту №2 та Проекту №3.

Внутрішня норма прибутковості, це значення ставки дисконтування, при якій чистий дисконтований прибуток дорівнює нулю. Якщо розрахована внутрішня норма прибутковості виявляється вище нормативної ставки дисконтування, то енергозберігаючий захід економічно ефективний. Більш ефективним є проєкт з найбільш високою внутрішньою нормою прибутковості. При виконанні цієї умови найбільш економічно ефективним є Проект 3.

Індекс прибутковості тісно пов'язаний із чистим дисконтованим прибутком. Якщо ДД позитивний, то $Пі > 1$, і навпаки. Захід вважається економічно ефективним, якщо $Пі > 1$.

При необхідності вибору енергозберігаючого заходу з декількох більше ефективним є захід з більше високим індексом прибутковості. Найвищий індекс прибутковості у Проєкта 3 (табл. 4.11), тому для впровадження пропонується Проєкт енергозбереження № 3.

4.4 Висновки по розділу 4

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

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

5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1 Вимоги охорони праці під час роботи в умовах підвищених температур

Нові правила встановлюють вимоги, які є обов'язковими для виконання роботодавцем. Наприклад, щоб працювали у спеку, необхідно встановити у робочих приміщеннях датчики температури повітря. Вони повинні бути справними та пройти необхідну перевірку.

Якщо неможливо забезпечити допустимі нормативні вимоги до мікроклімату, роботодавець повинен застосувати в сукупності або окремо такі заходи щодо покращення умов праці:

- встановити повітряні кондиціонери;
- встановити вентилятори;
- застосовувати жалюзі;
- обладнати кімнату відпочинку з режимом охолодження;
- скоротити тривалість роботи в нагрівальному кліматі.

Мінпраці дозволила в нових Правилах переносити за погодженням з працівником години роботи, якщо спека посилюється, наприклад, приходити на роботу не в саму спеку, а раніше, або навпаки, пізніше. А опівдні виключити роботи на відкритих майданчиках, або встановити регламентовані перерви, що входять у робочий час.

Встановили правила обмеження, якщо температура на вулиці 32,5 °C і вище. У цьому випадку роботодавець зобов'язаний скоротити тривалість періодів безперервної роботи до 15-20 хвилин з перервою на відпочинок не менше 10-12 хвилин у приміщеннях, що охолоджуються.

Мінпраці встановила у правилах обов'язковий контроль за питним режимом працівників. Для цього необхідно встановити додаткові

водороздавачі (кулери), фільтри для води, або забезпечувати працівників чистою питною водою у пляшках.

Прописали вимоги до температури повітря у приміщенні. Її необхідно підтримувати лише на рівні плюс 24–25°C. Якщо температура підвищується до 28,5-29°C, необхідно скорочувати тривалість робочого дня на одну годину, в діапазоні 29-30,5°C - на дві години, температури понад 30,5°C - на чотири години. Якщо не виконати цю вимогу, і працівники звернуться зі скаргою до трудової інспекції, роботодавцю доведеться виплатити штраф та виконати законні вимоги працівників.

5.1.1 Вимоги охорони праці під час роботи в умовах знижених температур

У нових правилах також прописали вимоги до охорони праці, якщо роботи відбуваються в умовах знижених температур. Для захисту працівників роботодавцям доведеться:

- обладнати приміщення для перерв, обігріву, прийому гарячої їжі;
- обладнати навіси;
- встановити теплові гармати та обігрівачі;
- видавати працівникам утеплених засоби індивідуального захисту;
- надавати перерви у роботі, що входять у робочий час для обігріву.

Крім основних заходів є ще й додаткові. До них відноситься, наприклад, забезпечення працівників гарячою їжею та чаєм (кава), додаткове утеплення транспортних засобів, встановлення в них печей.

Щойно нові правила набудуть чинності, роботодавець буде зобов'язаний в обідню перерву забезпечувати працівників гарячим харчуванням. І врахуйте, що раніше такі вимоги були рекомендованими, тепер є обов'язковими для виконання.

5.1.2 Вимоги охорони праці при ожеледно-морозових відкладеннях

За новими вимогами Мінпраці, для того, щоб працівники не падали в ожеледицю, територія має бути оброблена антиожеледними покриттями, які будуть безпечні для персоналу. А при роботі в умовах ожеледиці працівників потрібно забезпечити спецвзуттям із льодоступами на підшві. Якщо на території роботодавця є небезпечні ділянки, наприклад з ухилом, необхідно встановити огорожі.

Рекомендуємо заздалегідь проводити заняття з працівниками, наприклад, у рамках інструктажів з ОП. Поясніть, що в ожеледицю потрібно вміти правильно падати, а також підніматися після падіння. Це допоможе уникнути серйозних травм. Обов'язково попередьте, якщо падіння уникнути не вдалося, і працівник відчув погіршення стану здоров'я, йому потрібно негайно повідомити про це свого безпосереднього керівника і звернутися за медичною допомогою.

5.1.3 Вимоги охорони праці за сильних атмосферних опадів

Мінпраці визначила, що сильні атмосферні опади - це сильний дощ, злива, град. За новими правилами, за таких опадів роботодавець повинен заборонити зовнішні роботи, якщо вони не оформлені нарядом допуском до робіт підвищеної небезпеки. У наряді-допуску необхідно буде вказувати дійові заходи безпеки. Якщо захистити працівників від дощу неможливо, потрібно зробити перерву у роботі.

Визначили у документі, що рятуватися від зливи та граду працівники мають під навісами, у приміщеннях, які розташовані вище за можливий рівень підтоплення. Якщо підтоплення серйозне та загрожує життю та здоров'ю співробітників, необхідно знеструмити приміщення та простежити, щоб усі працівники його покинули. Якщо це зробити неможливо, діяти необхідно згідно з планом порятунку та евакуації.

При великому граді персоналу потрібно зайти в приміщення і знаходитись подалі від вікон та інших хитких конструкцій, які при своїй

поломці здатні травмувати уламками. Проінструкуйте працівників, що якщо великий град застав їх на вулиці, в машині, а притулки та каски захисної немає, потрібно захистити голову від удару граду та прикрити обличчя.

5.1.4 Вимоги охорони праці при сильному вітрі, ураганному вітрі (ураган), шквалі, смерчі

Ще один розділ правил стосується дій роботодавця під час шквального вітру або смерчу. Щоб бути готовим до таких ситуацій, у компаніях доведеться заздалегідь розробити план порятунку та евакуації та ІВТ при виконанні робіт в умовах шквалу, смерчу, урагану, за дуже сильного вітру.

Перед початком робіт співробітників потрібно проінструктувати, як їм діяти, якщо настане стихія у вигляді дуже сильного вітру, урагану чи смерчу. Безпосередній керівник робіт має чітко пояснити персоналу покроковий порядок дій:

- закрити вікна, двері, хвіртки;
- перевірити кріплення вітрильних конструкцій (наприклад, банерів);
- закріпити предмети, які під час падіння можуть стати снарядами — наприклад, фляги, сміттєві та поштові скриньки, балони з газом;
- подбати про справність пересувної електростанції, якщо відключиться світло.

Не ховатись за деревами, біля стін, за зупинкою транспорту – це конструкції з високою парусністю.

Приступати до ліквідації надзвичайної ситуації можна лише після отримання дозволу від МНС України.

5.1.5 Вимоги охорони праці під час грози

Мінпраці у нових правилах чітко вказала, що роботодавець зобов'язаний проінструктувати персонал про те, як правильно поводитися, якщо вони

знаходяться поза закритими приміщеннями, а також усередині приміщень. Поясніть на інструктажі, що під час грози заборонено:

- ховатися під деревами;
- притулятися до них;
- підходити до блискавковідводів або високих одиночних предметів;
- перебувати на мостах, шляхопроводах, естакадах, а також у місцях зберігання легкозаймистих та отруйних речовин;
- користуватися мобільним зв'язком.

5.1.6 Вимоги охорони праці для водіїв під час ожеледиці, зливи, сильного вітру та в умовах поганої видимості

Для водіїв у нових правилах передбачили чотири окремі розділи. Пов'язано це з тим, що водій не може залишити машину, вантаж, пасажирів та втекти у безпечне місце від стихії. Він має діяти за умовами. При цьому новими правилами зазначено, що водій повинен знати погоду. Це означає, що з 1 березня 2024 року кожен гараж має бути оснащений табло з температурою або інший вид інформування про опади.

При проведенні навчання водіїв їх керівнику необхідно нагадати про те, що рухатися в автомобілі при сильній зливі можна тільки зі справними фарами, габаритними вогнями та протитуманними ліхтарями.

Особливе значення має справна робота склоочисників, щіток, наявність рідини-склоомивача у бачку. Необхідно загострити на цьому увагу не лише водія, а й механіка.

5.2 Правила з охорони праці при роботах у особливих температурних умовах

При сильних атмосферних опадах (сильна злива) забороняється проводити роботи просто неба, не оформлені нарядом допуском до робіт

підвищеної небезпеки, в якому зазначені додаткові заходи та заходи, що забезпечують безпеку працівників відповідно до проведеної оцінки професійних ризиків.

Дії працівників та необхідні заходи за сильних атмосферних опадів з урахуванням проведеної оцінки професійних ризиків повинні бути включені до відповідних затверджених роботодавцем планів порятунку та евакуації та/або в інструкції з охорони праці для відповідних видів робіт, професій або посад.

Працівники повинні бути проінструктовані, що при сильних атмосферних опадах проводити роботи та укриватися дозволяється у приміщеннях, які розташовані вище за можливий рівень підтоплення. Якщо створюється загроза підтоплення або починає підтоплювати приміщення, необхідно знеструмити його і залишити його. У разі неможливості вийти з будівлі необхідно діяти відповідно до затверджених планів порятунку та евакуації.

Працівники повинні бути проінструктовані, що при великому граді, перебуваючи в приміщенні, необхідно триматися на безпечній відстані від вікон та інших конструкцій зі скла, інших крихких об'єктів, які можуть зруйнуватися від граду.

Працівники повинні бути проінструктовані, що якщо великий град застав працівника поза приміщенням, усередині транспортного засобу та відсутнє укриття, відсутня каска, необхідно захистити голову від ударів градин та прикрити обличчя.

Працівники повинні бути проінструктовані про необхідні дії під час грози, якщо вони знаходяться поза приміщеннями, за відсутності довколишніх будівель, будівель, будівель:

- 1) сховатися в низькорослій ділянці лісу, у невеликих заглибленнях на схилах пагорбів або схилах (укосах) насипів або виїмок;
- 2) вимкнути мобільний телефон;
- 3) перебуваючи на водоймі, залишити акваторію, відійти від берега;

4) спуститися з височини в низину.

Під час грози працівникам, які знаходяться поза приміщеннями, забороняється:

1) ховатися під деревами, тулитися до них, а також підходити до блискавковідводів або високих одиночних предметів (стовп) на відстань менше 4 м;

2) перебувати ближче 10 м від залізничних колій;

3) стояти під лінією електропередачі і наближатися на відстань менше 8 м до електропроводів, що обірвалися;

4) ховатися в кущах біля водойм;

5) перебувати на мостах, шляхопроводах, естакадах, а також у місцях зберігання легкозаймистих та отруйних речовин.

У випадках утворення ожеледно-морозових відкладень (ОМВ) місця знаходження та шляхи руху працівників по виробничій території повинні оброблятися антиожеледними засобами, що виключають та (або) знижують ризик послизнення працівника (пісок, мармурова крихта та інші матеріали/речовини).

При роботі в умовах ДІВ працівники повинні бути забезпечені спеціальним взуттям від знижених температур, на підошві, призначений для захисту від ковзання, укомплектованого за необхідності льодоходами/льодоступами.

Небезпечні зледенілі місця, у тому числі з ухилом, у зонах можливого знаходження або проходу працівників повинні бути огорожені сигнальними огорожами з сигнальними знаками, що попереджають. За необхідності проведення на них робіт та/або пересування по них працівники повинні бути навчені безпечним методам та прийомам роботи в умовах ОМВ або проінструктовані про безпеку падіння під час прослизання.

При пересуванні зледенілими поверхнями забороняється переносити важкі предмети, вільні руки не повинні перебувати в кишенях. При виконанні

робіт на зледенілих поверхнях працівник не повинен відволікатися на сторонні дії.

Працівники мають бути проінструктовані, що після падіння підніматися можна лише, переконавшись у відсутності травми. Якщо внаслідок падіння працівником відчувається запаморочення, помутніння в очах, гострий біль в окремих частинах тіла, неприродньо вивернуті кінцівки або вони втратили фізіологічну рухливість, почалася кровотеча – необхідно, не встаючи, звернутися за допомогою.

5.3 Висновки по розділу 5

Представлений аналіз вимог охорони праці під час роботи в умовах підвищених температур та Правил з охорони праці під час робіт у особливих температурних умовах.

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 двоповерховому житловому будинку шляхом проведення енергоаудиту будівлі та впровадження енергозберігаючих технологій.

Проаналізовано інформацію щодо поточного стану будівлі та фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі за останні 5 років.

Визначені значення приведенного опору основних елементів огорожувальних конструкцій (крівлі, 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. Stachera, A., Stolarski, A., Owczarek, M., Telejko, M. A. Method of Multi-Criteria Assessment of the Building Energy Consumption. *Energies* 2023, 16, 183. <https://doi.org/10.3390/en16010183>
2. Савйовський В.В. Термомодернізація будівель: навч. посіб. Київ: Видавництво Ліра-К, 2021. – 278 с.
3. Теплова ізоляція будівель. ДБН В.2.6-31:2016.
4. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. ДБН В.2.6-31:2021.
5. Опалення, вентиляція та кондиціонування. ДБН В.2.5-67:2013.
6. Основні вимоги до будівель і споруд економія енергії. ДБН В.1.2-11:2008.
7. Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013.
8. Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій. ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013.
9. Методи визначення теплостійкості огорожувальних конструкцій. ДСТУ Б В.2.6-100:2010.
10. Методи визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. ДСТУ Б В.2.6-101:2010.
11. Енергоефективність будівель. Вплив автоматизації, моніторингу та управління будівлями/ ДСТУ Б EN 15232:2011 (EN 15232:2007, IDT).
12. Вентиляція будівель. Розрахункові методи визначення витрат повітря на вентиляцію будівель з урахуванням інфільтрації. ДСТУ Б EN 15242:2015 (EN 15242:2007, IDT).
13. Що таке термомодернізація та який економічний ефект вона має? – Термомодернізація житлового будинку. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: thermomodernisation.org.
14. Цибулько, А. Новий освітній простір. Енергоефективність. Інформаційний посібник. 2019, 42 с.

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

16. Щедролосєв О.В., Додонова Г.В., Мозговий А.М. Методичні вказівки для самостійної та індивідуальної роботи з дисципліни "Охорона праці в галузі" - Миколаїв : НУК, 2013.