

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

Кафедра теплотехніки

«Допущений до захисту»

Завідувача кафедри

теплотехніки

 к.т.н., доцент Г.О. Кобалава

« 10 » 12 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: «Дослідження ефективності заходів з енергозбереження для дому
котеджного типу»

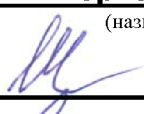
Виконав: студент VI курсу, групи **6248м**
спеціальності

144 «Теплоенергетика»

(шифр і назва спеціальності)

«Енергетичний менеджмент»

(назва освітньо-професійної програми)

 **Шумова Л.В.**

(прізвище та ініціали)

Керівник

Кобалава Г.О.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Самохвалов В.С.

(прізвище та ініціали)

Херсон – 2025

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 2025 року

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

здобувачки **Шумової Людмили Владиславівни, група 6248м**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Дослідження ефективності заходів з енергозбереження для дому
котеджного типу»

керівник роботи Кобалава Галина Олександрівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені розпорядженням директора ХННІ НУК від " 17 " жовтня 2025 року № 20

2. Термін подання студентом роботи " 10 " грудня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Вступ (Обґрунтування актуальності теми роботи).

1. Загальний розділ (Аналіз сучасного стану системи енергетичного менеджменту, особливості структури та функцій СЕНМ. Основні нормативно-правові документи для забезпечення систем енергетичного менеджменту. Коротка характеристика об'єкта дослідження. Постановка мети та завдань дослідження).

2. Теоретичний розділ (Методологія наукового дослідження. Основні методи дослідження та моніторингу споживання теплової та електричної енергії).

3. Розрахунковий розділ (Розробка системи енергетичного менеджменту для об'єкту дослідження. Визначення заходів щодо енергозбереження. Розробка альтернативного технічного рішення системи тепlopостачання).

4. Дослідницький розділ (Моделювання характеристик системи тепlopостачання житлового комплексу. Оцінка економічної ефективності застосування нового схемного рішення).

5. Охорона 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 2025 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)

Шумова Л.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Кобалава Г.О.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Шумова Л.В. Дослідження ефективності заходів з енергозбереження для дому котеджного типу.

Кваліфікаційна робота на здобуття кваліфікації магістр за спеціальністю 144 – «Теплоенергетика» (освітньо-професійна програма: «Енергетичний менеджмент»). Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Херсон, 2025 р.

В роботі проведено дослідження з метою підвищення ефективності енергоспоживання в житловому одноповерховому 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 3 роки, досліджено основні характеристики елементів огорожувальних конструкцій будівлі, проаналізовані дані щодо основних енергозберігаючих заходів (заміна старих вікон та дверей, встановлення енергозберігаючих екранів між приладами опалення та стіною, теплоізоляція будівлі), проведено експериментальні дослідження щодо виявлення фактичних тепловитрат, розроблено рекомендації щодо підвищення енергетичної ефективності експлуатації будівлі.

Ключові слова: система енергетичного менеджменту, енергоощадні заходи, інвестиції, індекс прибутковості, тепловий розрахунок.

ABSTRACT

Shumova L. V. Research on Energy Saving Measures Efficiency for a Cottage-Type House.

Master's thesis for obtaining a master's degree in specialty 144 – "Heat Power Engineering" (educational program: "Energy Management"). Kherson Educational-Scientific Institute of Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Kherson, 2025.

The work presents a study aimed at improving energy consumption efficiency in a single-story residential building through energy audit and implementation of energy-saving technologies.

The information regarding the current state of the building and actual energy consumption during the building operation over the past 3 years was analyzed. The main characteristics of the building envelope elements were investigated, and data on key energy-saving measures (replacement of old windows and doors, installation of energy-saving reflective screens between heating devices and walls, building thermal insulation) were analyzed. Experimental studies were conducted to identify actual heat losses, and recommendations for improving the energy efficiency of building operation were developed.

Keywords: energy management system, energy-saving measures, investments, profitability index, thermal calculation.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	9
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	12
1.1. Аналіз стану енергозбереження в житлово-комунальному господарстві України.....	12
1.2. Нормативно-правова база для визначення енергоефективності будівель.....	15
1.3. Основні заходи з підвищення енергоефективності в житлових будівлях.....	19
1.4. Постановка мети та завдань дослідження.....	25
1.5. Висновки по розділу 1.....	26
2. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ	27
2.1. Структура дослідження.....	27
2.2. Методи теоретичних досліджень.....	27
2.3. Методи експериментальних досліджень.....	43
2.4. Висновки по розділу 2.....	49
3. РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	50
3.1. Загальна характеристика та сучасний стан об'єкта дослідження.....	50
3.2. Аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації будівлі.....	56
3.3. Визначення приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.....	62
3.4. Визначення річних витрат енергії.....	65
3.5 Визначення теплових витрат через огорожувальні конструкції будівель	66
3.6 Аналіз витрат тепла через огорожувальні конструкції.....	67
3.7 Висновки по розділу 3	68
4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	70
4.1 Оцінка витрат	70

4.2. Оцінка економії коштів за рахунок впровадження енергозберігаючих заходів.	73
4.3 Оцінка фінансової ефективності	76
4.4 Висновки по розділу 4.....	78
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	80
5.1. Заходи з охорони праці при експлуатації котелень. Нормативна база та загальні положення.....	80
5.2. Електробезпека та експлуатація електроустановок.	82
5.3. Організаційно-технічні заходи та розслідування інцидентів.....	83
5.4. Висновки по розділу 5.....	84
ВИСНОВКИ.....	85
Література	86

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

ВДЕ – Відновлювані джерела енергії

БНіП – будівельні норми і правила

ГВП – гаряче водопостачання

ДБН – Державні будівельні норми

ЗТМ – зовнішні теплові мережі

ІТП – індивідуальний тепловий пункт

ККД – коефіцієнт корисної дії

МЕР (MERP) - проєкт «Муніципальна енергетична реформа в Україні»

МКП – муніципальне комунальне підприємство

НС – насосна станція

НВДЕ – нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії

ПГ – парникові гази

ПЕР – паливно-енергетичні ресурси

СЕМ – система енергетичного менеджменту

СЦТ – система централізованого теплопостачання

ТЕЦ – теплоелектроцентрально

ТЕС – теплова електрична станція

ЦТП – центральний тепловий пункт

ВСТУП

Актуальність. Значення енерго- та ресурсозбереження в сучасному світі величезне: енергоефективність та енергозбереження стоять у числі пріоритетних напрямків розвитку науки та техніки України. Величезна частка споживання енергоресурсів належить житловому сектору. Таким чином, актуальним напрямком та одним з головних завдань сучасного будівельного виробництва є раціональне використання енергоресурсів та підвищення енергетичної ефективності будівель.

У процесі формування та розвитку поняття «енергоефективна будівля» відбулося розширення його значення: від вимог низької теплопровідності захисних конструкцій до мінімізації первинної енергії на забезпечення необхідного мікроклімату всередині будівлі. Таким чином, енергоефективність – це ефективне використання не лише теплової енергії, а й інших видів енергії та енергетичних ресурсів.

Проте економією переваги високоенергоефективних будівель не обмежуються. Від класу будинку залежить комфорт проживання в ньому. Як правило, для присвоєння проекту високого класу забудовник вдається до сучасних інженерних рішень, що дозволяє мешканцям у майбутньому підтримувати комфортний мікроклімат у квартирах, докладаючи мінімальних зусиль.

Для органічного управління діяльністю, що спрямована на забезпечення раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів в житловому комплексі доцільно застосовувати систему енергоменджменту, дозволяє значно оптимізувати обсяги енерговитрат.

Основні складові сучасної системи енергоменджменту:

- моніторинг енергоспоживання;
- аналіз існуючих показників як основи складання нових бюджетів;
- розроблення нових маловідходних та безвідходних технологій;
- розробку енергетичних бюджетів;

- розроблення енергетичної політики;
- планування нових енергозберігаючих заходів;
- розроблення ефективних систем та засобів контролю за енергоспоживанням та захисту довкілля від забруднення;
- організація інтегрованого енергетичного та економічного менеджменту.

Метою дослідження проведення енергоаудиту житлового одноповерхового будинку та розробка відповідних рекомендацій підвищення енергетичної ефективності житлових будівель шляхом впровадження проєктів з енергозбереження (на прикладі будівлі котеджного типу 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'єктом дослідження є заходи системи енергетичного менеджменту житлового комплексу.

Предметом дослідження є характеристики ефективності заходів системи енергетичного менеджменту житлового комплексу.

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 одноповерхового будинку запропоновані варіанти проєктів енергозбереження з розробкою фінансової структури.

Практичне значення одержаних результатів. Запропоновано три проєкти по енергозбереженню одноповерхівки, 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 40 найменувань. Загальний обсяг роботи складає 90 сторінок, робота містить 22 рисунки та 40 таблиць.

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Аналіз стану енергозбереження в житлово-комунальному господарстві України.

Сьогодні вектори державної політики та законодавчі ініціативи провідних країн світу нерозривно пов'язані з ідеєю раціонального використання енергоресурсів. У контексті зміцнення енергетичного потенціалу особливий фокус спрямований на будівельну індустрію. Це зумовлено надзвичайно високим рівнем споживання ресурсів на кожній стадії існування об'єкта: від видобутку первинної сировини та виготовлення матеріалів до безпосереднього зведення, тривалого періоду експлуатації та подальшої утилізації споруди.

Згідно зі статистичними даними, на повний життєвий цикл об'єктів будівництва (див. рис. 1) припадає близько 40% загального енергоспоживання та 36% сукупних викидів вуглекислого газу (CO₂). Розподіл енергоресурсів у секторі виглядає наступним чином: житловий фонд поглинає майже дві третини енергії; нежитлові будівлі використовують близько однієї третини. Примітно, що основна частка енерговитрат (близько 66%) припадає саме на стадію експлуатації, зокрема на підтримку мікроклімату: функціонування систем опалення, вентиляції та кондиціонування. Отже, підвищення енергоефективності будівель є фундаментальною умовою для досягнення глобальної екологічної мети, а саме зниження рівня викидів парникових газів на 80-95% до 2050 року (відносно базисних показників 1990 року).



Рис. 1.1. Життєвий цикл будівель і споруд.

Таким чином **енергоефективність** – це галузь в якій кожен громадянин може приймати активну участь завдяки раціональному використанню енергетичних ресурсів, досягненню економічно доцільної ефективності використання існуючих паливно-енергетичних ресурсів та дотриманню вимог щодо захисту навколишнього середовища. Адже в Україні, як і в більшості європейських країн, понад 30 % кінцевої енергії споживається будинками. Це найбільший сектор національної економіки з точки зору енергоспоживання, за яким ідуть промисловість і транспорт. Якщо в індустріальному секторі споживання енергії з часом зменшується (підприємства хоч і поступово, але впроваджують енергоефективні технології), то в житловому – практично нічого не змінюється [1]. Причина такої стагнації – наявність бар'єрів, які перешкоджають власникам житла впроваджувати енергоефективні технології у своїх будинках. Через незабезпеченість енергоефективності будівель втрати тепла становлять 47 %, 12 % тепла втрачається через зношеність мереж, 5 % – через застаріле обладнання котелень. На думку експертів Європейсько-українського енергетичного агентства, за допомогою тепло модернізації та капітального ремонту в будинках можна зменшити щорічне споживання і втрати енергії на 10-25 %. При цьому в цілому по Україні потенціал зменшення енергоспоживання становить 75 % [2].

Енергоефективність житлових споруд базується на розвитку основних напрямів:

- застосування при будівництві огорожувальних конструкцій будівельних матеріалів із низькою теплопровідністю;
- зовнішнє облицювання стін утеплювачем;
- утеплення покрівлі під час будівництва;
- застосування в побуті енергозберігаючої техніки – холодильників, телевізорів, пральних машин, мікрохвильових та електричних печей, газових та електричних плит;
- встановлення в будинку енергозберігаючих вікон;
- обладнання систем рекуперації для провітрювання приміщень;

- застосування систем одержання додаткової електроенергії від сонячних батарей;
- одержання теплої води від геліосистеми;
- видобуток тепла із землі та водою за допомогою теплового насоса;
- застосування енергозберігаючих освітлювальних ламп на світлодіодній технології.

Один із провідних способів для підвищення показників енергозбереження – застосування рекуперативної вентиляції. Рекуперація – це процес теплообміну, в ході якого тепло передається повітрю, що нагнітається. Даний метод використовується у багатьох сучасних пристроях, наприклад, у кондиціонерах та витяжках. Важливість системи неоціненна, адже у звичайному житлі через вентиляцію розсіюється близько 40% тепла.

У вентиляційному каналі встановлюється спеціальний пристрій – рекуператор. Принцип його дії відповідає будь-якому іншому теплообміннику. Рекуператор працює в дві сторони: на введення та на виведення. Повітря несе з собою тепло з будівлі, але потрапляючи в рекуператор, це тепло витрачається на нагрів свіжого повітря. Таким чином, вдається уникнути тепловтрат, що допускаються системою вентиляції.

Найбільша проблема теплоізоляції житлових приміщень – грамотний вибір матеріалів. Кожен з них має позитивні та негативні характеристики. Для такого будівництва використовуються піноблоки, цегла, брус. Також необхідно продумати герметичність з'єднань, адже саме через щілини в стиках часто витікають тепла.

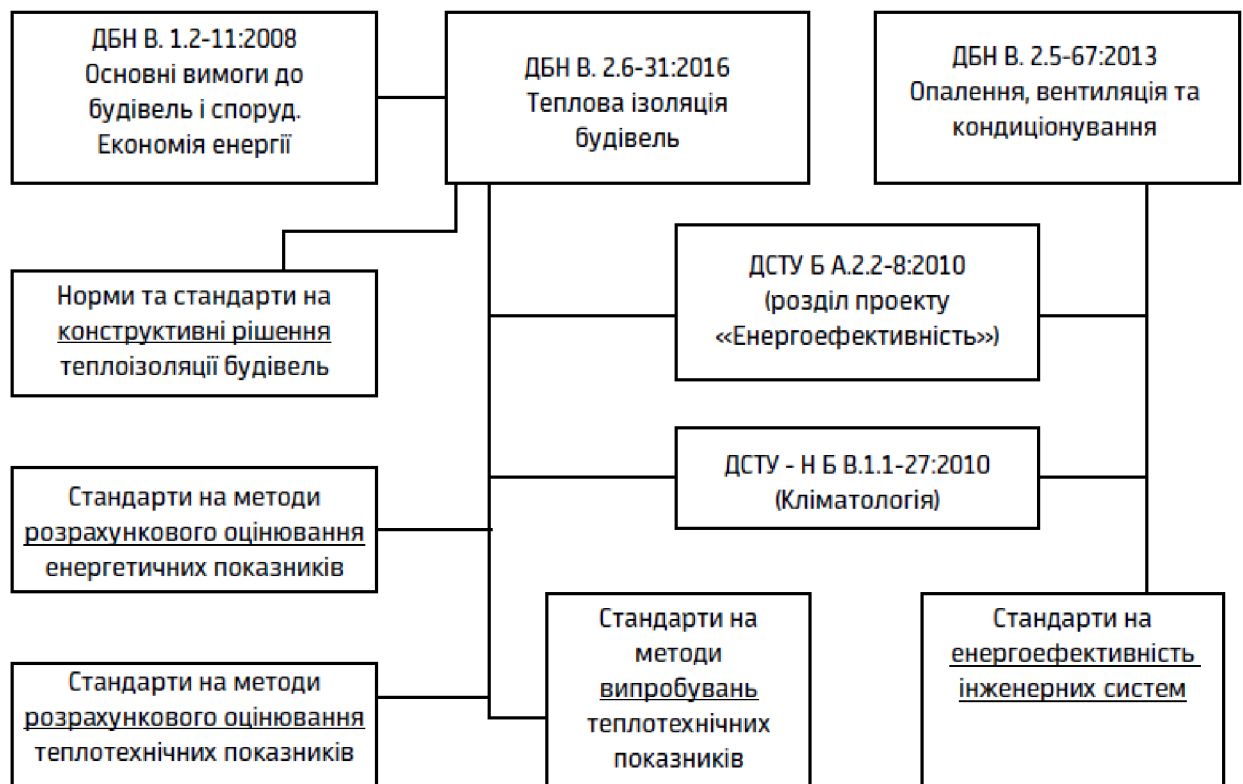
Поєднання низького споживання енергії та комфортного мікроклімату можна реалізувати при проектуванні енергоефективного житлового будинку. При цьому річна потреба в опаленні енергоефективного будинку може становити менше ніж 15 кВт·год 1 м². Наприклад, на сьогоднішній день у найпоширенішій конструкції приватного будинку (ж/б фундамент, система

«тепла підлога» без утеплення, стіни 1,5 цегли з цементною штукатуркою, звичайними металопластиковими вікнами, утепленням покрівлі 150мм і без припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією тепло) споживання енергії на опалення становить 110–130 кВт·год на 1 м² на рік.

При проектуванні подібних будівель, важливо не допустити появи містків холоду. У звичайних будинках такими є металеві елементи, щілини у вікнах, негерметичні стінки, дах. В енергоефективному будівництві використання заліза мінімізовано. Вікна вбудовуються в стіну таким чином, щоб не залишилося найменшого простору. У будинках встановлюються сучасні двокамерні склопакети, заповнені інертними газами, що не дозволяють теплу залишати приміщення.

1.2. Нормативно-правова база для визначення енергоефективності будівель.

На сьогодні в Україні сформовано розгалужену нормативну базу, що налічує близько 100 документів (стандартів, настанов та регламентів). Цей комплекс регулює весь спектр робіт: від проектування теплоізоляційної оболонки до аудиту готових об'єктів та налаштування інженерних мереж (див. рис. 1.2).



Особливості розрахунків та класифікації

Сучасна методологія передбачає диференційований підхід до різних типів будівель:

Малоповерхова забудова та комерційні об'єкти: Розрахунки базуються на коефіцієнті компактності, що дозволяє точніше врахувати архітектурні особливості споруд до 3-х поверхів.

Реконструкція: Для наявного житлового фонду діють дещо м'якші вимоги (коефіцієнт до 1,25). Це зумовлено технічною складністю повної адаптації старих будівель, де зазвичай відсутні системи централізованого охолодження.

Клас енергоефективності: Відповідно до методики Мінрегіону (наказ № 169 від 2018 р.), ключовим критерієм тепер є показник питомого енергоспоживання.

Нормативна база структурована за функціональним призначенням (див. рис. 1.3–1.7):

ДСТУ-Н Б 2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель
ДСТУ-Н Б 2.6-190:2013 Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплотривалості огорожувальних конструкцій
ДСТУ-Н Б 2.6-191:2013 Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій
ДСТУ-Н Б 2.6-192:2013 Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій

Рис. 1.3. Стандарти на методи розрахункового оцінювання теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій.

ДСТУ Б В.2.6-100:2010 Методи визначення теплостійкості конструкцій
ДСТУ Б В.2.6-19:2007 Методи визначення повітропроникності в натурних умовах
ДСТУ Б В.2.6-37:2008 Методи визначення повітропроникності в лабораторних умовах
ДСТУ Б В.2.6-101:2010 Метод визначення опору теплопередачі
ДСТУ Б В.2.7-182:2009 Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності
ДСТУ Б В.2.2-21:2008 Метод визначення питомих тепловитрат на опалення будинків
ДСТУ Б EN 13187:2011 Тепловізійне обстеження огорожувальних конструкцій

Рис. 1.4. Стандарти на методи розрахункового оцінювання теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій.



Рис. 1.5. Стандарти на енергоефективність інженерних систем будівель.

ДСТУ Б EN 12599:2006 Процедури випробування
ДСТУ Б EN 13779:2010 Вимоги до виконання
ДСТУ Б EN 15241:2013 Методи розрахунку енерговитрат при вентиляції та інфільтрації повітря у будинку
ДСТУ Б EN 15242:2013 Методи розрахунку витрат повітря на вентиляцію будівель з урахуванням інфільтрації
ДСТУ Б EN 15242:2013 Розрахунок температури приміщень та методи визначення навантаження й енергії для будівель з системами кондиціонування повітря
ДСТУ Б СУТ/TR 14788:2013 Проектування та визначення характеристик систем вентиляції житлових будинків

Рис. 1.6. Стандарти на системи вентиляції та кондиціонування.

ДСТУ Б В.2.5-33:2007 Поквартирне тепlopостачання житлових будинків з теплогенераторами на газовому паливі із закритою камерою згорання з колективними димоходами і димоходними системами
ДСТУ-Н Б В.2.5-43:2010 Настанова з улаштування систем сонячного тепlopостачання в будинках житлового і громадського призначення
ДСТУ Б В.2.5-44:2010 (EN 15450:2007, MOD) Проектування систем опалення будівель з тепловими насосами
ДСТУ Б EN 215 Терморегулятори опалювальних приладів. Вимоги та методи тестування
ДСТУ Б EN 12831 Системи опалення будівель. Методи визначення проектного теплового навантаження
ДСТУ Б EN 15316:201 Система теплозабезпечення будівель. Методика розрахунку енергопотреби та енергоефективності системи. Частина 1,2-1, 2-3
ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження

Рис. 1.7. Стандарти на енергоефективність інженерних систем будівель.

1.3. Основні заходи з підвищення енергоефективності в житлових будівлях.

В умовах економічної кризи і нестабільності енергозбереження має стати пріоритетним завданням. Необхідно посилення вимог при експлуатації будівель, до підвищення теплової ефективності огорожувальної оболонки

будівлі, включаючи стіни, перекриття, покрівлі та вікна, підвищення кількості регульованих внутрішньобудинкових систем опалення.

Під енергетичною ефективністю об'єкта слід розуміти його здатність забезпечувати комфортний мікроклімат для перебування чи діяльності людей при споживанні певної кількості енергоресурсів. Фактично, це показник того, наскільки раціонально будівля використовує ресурси для підтримки належних умов життєдіяльності.

Для регулювання цього процесу встановлюються мінімальні вимоги до енергоефективності. Це комплексний перелік стандартів, що висуваються до:

- теплоізоляційної оболонки (огорожувальних конструкцій);
- внутрішніх інженерних мереж;
- окремих елементів технічного обладнання.

Дотримання цих критеріїв гарантує, що протягом усього терміну служби будівля залишатиметься придатною для експлуатації, а рівень енерговитрат не перевищуватиме встановлені державою межі.

Нижче наведено типову структуру енергетичних витрат, що дозволяє виділити пріоритетні напрямки для оптимізації (див. рис. 1.8):



Рис.1.8. Енергетичні витрати за категоріями

Технологічні та соціальні аспекти енергомодернізації житла

Успішна реалізація стратегій енергозбереження в житловому фонді залежить не лише від впровадження інноваційних технологій, а й від

формування «енергетичної етики» серед мешканців. Навіть найсучасніше обладнання не забезпечить максимальної економії без свідомого та ощадливого ставлення до ресурсів.

Енергоефективне житло базується на двох фундаментальних принципах:

1. Рациональне споживання: мінімізація витрат та грамотне управління енергією.
2. Комфорт мікроклімату: забезпечення оптимальної температури та якісної вентиляції.

Ключові технічні рішення для досягнення цих цілей.

Пасивні методи: оптимізація геометрії будівлі, правильна орієнтація за сторонами світу (використання сонячної енергії), посилена термоізоляція та ліквідація «містків холоду».

Активні системи: використання відновлюваних джерел (сонячні колектори, геотермальні насоси), встановлення розумних систем управління та накопичувачів енергії.

Рекуперація тепла: використання припливно-витяжної вентиляції з теплообмінниками, що дозволяє нагрівати свіже повітря за рахунок тепла відпрацьованого повітря та побутових приладів.

Очікуваний ефект від впровадження заходів

Завдяки інтегрованому підходу тепловтрати через оболонку будівлі можуть зменшитися до 20 разів порівняно зі стандартними спорудами. Орієнтовні показники економії за окремими напрямками становлять:

Комплексне утеплення (фасади, дах, перекриття) передбачає до 20% економії.

Встановлення склопакетів та скління балконів до 10–12%.

Модернізація систем опалення (балансувальні клапани) до 4–6%.

Герметизація вузлів та усунення локальних зон охолодження до 2–3%.

Загалом, системна модернізація дозволяє досягти сумарного зниження енерговитрат у межах 20–40%.

Роль енергетичного аудиту

Першим кроком до модернізації має бути професійне обстеження будівлі – енергоаудит. Він дозволяє:

1. Виявити приховані дефекти в конструкціях та інженерних мережах.
2. Встановити реальні причини перевитрат енергії.
3. Сформуванати перелік пріоритетних заходів із розрахунком їхньої вартості та термінів окупності.

Такий аналітичний підхід дає можливість власнику чи ОСББ обрати найбільш ефективний сценарій інвестування, навіть за умови обмеженого бюджету.

Загальним показником енергоефективності будівлі є її питома річна енергопотреба EP . Відповідно до ДБН В.2.6-31:2016 нормується максимально допустима питома енергопотреба (EP_{max}), що визначає кількість теплоти, яку необхідно подати до або видалити з кондиціонованого об'єму для забезпечення нормованих теплових умов мікроклімату в приміщенні віднесена до одиниці кондиціонованої площі або об'єму будівлі (табл. 1.1).

Таблиця 1.1. Нормативна максимальна питома енергопотреба будівель EP_{max}

Ч.ч.	Призначення будівлі	Значення EP_{max} , кВт·год/м ² [кВт·год/м ³], для температурної зони України	
		I	II
1	2	3	4
1	Житлові будинки поверховістю:		
	від 1 до 3	120	110
	від 4 до 9	83	81
	від 10 до 16	77	75
	17 і більше	70	68

В Європі прийнято класифікацію будівель залежно від рівня енергоспоживання. В Україні енергоефективність житлових та цивільних будівель визначається за класом, на основі порівняння нормативних та фактичних значень тепловитрат згідно з ДБН В.2.6-31.2006. Передбачено 7 класів енергоефективності (від А до G), згідно з якими перші два є

ефективними, будинки класу С відповідають нормативним вимогам енергоспоживання та інші 4 – перевищують їх [1].

Клас енергетичної ефективності – це розрахунковий параметр, що відображає якість використання енергоресурсів будівлею або її окремими блоками. Цей показник визначається на основі потрапляння фактичних або розрахованих значень у певні нормативні інтервали. В Україні ця система базується на національних нормативно-правових актах, які повністю узгоджені з гармонізованими стандартами Європейського Союзу. Розподіл за класами дозволяє об'єктивно порівняти різні типи споруд та визначити їхню відповідність сучасним екологічним та економічним вимогам. Нижче наведено структуру розподілу енергоефективності відповідно до чинних норм (табл. 1.2).

Таблиця 1.2. Класи енергетичної ефективності будинку за питомою енергопотребую

Класи енергетичної ефективності будинку за питомою енергопотребую	Різниця в % розрахункового або фактичного значення питомої енергопотреби EP від максимально допустимого значення EP_{max} , $[(EP - EP_{max})/EP_{max}] \cdot 100 \%$
A	Мінус 50 та менше
B	Від мінус 49 до мінус 10
C	Від мінус 9 до 0
D	Від 1 до 25
E	Від 26 до 50
F	Від 51 до 75
G	76 та більше

Клас енергоефективності будівлі підтверджується енергетичним сертифікатом.

Вихідні дані для розрахунку показників енергоефективності

Процес оцінювання енергетичної ефективності об'єкта базується на комплексному аналізі вхідної інформації, яку можна систематизувати за наступними напрямками:

1. Кліматичні та архітектурно-планувальні чинники:

- Регіональні кліматичні особливості розташування об'єкта.
- Функціональний тип будівлі, її архітектурна форма та конструктивна схема.

- Геометричні показники: загальна та опалювальна площа, об'єми приміщень (зокрема тих, що потребують вентиляції), середня висота поверхів та розподіл огорожувальних конструкцій за сторонами світу.

2. Теплотехнічні характеристики оболонки:

- Склад та товщина зовнішніх стін, перекриттів та покрівлі.
- Параметри світлопрозорих конструкцій (вікон, дверей): типи скління, характеристики рам, наявність засобів сонцезахисту та показники теплопровідності.

- Коефіцієнти приведенного опору теплопередачі для всіх елементів зовнішнього контуру.

3. Внутрішнє середовище та теплові навантаження:

- Дотримання нормативних санітарно-гігієнічних вимог до мікроклімату.

- Розрахункові рівні внутрішніх та сонячних теплонадходжень.
- Показники повітрообміну (витрати повітря) для окремих зон або всієї споруди.

4. Технічний стан інженерних мереж:

- Загальні дані: наявність вузлів обліку ресурсів, використання відновлюваної енергії, систем рекуперації тепла, пасивного сонячного нагріву або когенераційних установок.

- Опалення: тип системи (водяна, повітряна, електрична), метод гідравлічного балансування, характеристики енергоносія та ізоляції трубопроводів, ефективність генерації тепла.

- Вентиляція та кондиціонування: види вентиляційних систем, потужність обладнання, наявність функцій рекуперації, зволоження чи осушення повітря, типи холодоагентів у системах охолодження.

- Гаряче водопостачання: конфігурація мережі (циркуляційна чи ні), графіки водорозбору, технічні параметри трубопроводів та теплові втрати в системі.

- Освітлення: сумарна потужність та типи використовуваних ламп.

5. Експлуатаційні показники:

- Встановлені терміни служби конструктивних елементів та обладнання.

- Загальний енергетичний баланс будівлі, що враховує всі види споживаної енергії.

1.4. 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 одноповерхового будинку та розробка відповідних рекомендацій підвищення енергетичної ефективності житлових будівель шляхом впровадження проєктів з енергозбереження (на прикладі будівлі котеджного типу 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 одноповерховий будинок.

Предмет дослідження – енергетичний аудит житлового одноповерхового будинку.

1.5. Висновки по розділу 1.

- 1) В першому розділі було проаналізовано існуючий стан та останні дослідження по енергозбереженню в житловому Україні (на прикладі будинків котеджного типу), розглянуто нормативно-правову базу стосовно енергоефективності будівель.
- 2) Проведено аналіз щодо вимог, визначення показників та класів по енергоефективності будівель.
- 3) Поставлені завдання дослідження.

2. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Структура дослідження.

Для вирішення завдань дослідження було обрано підхід, який базується на проведенні аналізу літературних джерел та отриманні експериментальних даних, застосуванні статистичного методу для обробки експериментальних даних та порівняльно-розрахункового методу для отримання даних щодо енергетичної ефективності запропонованих проєктів.

Були проаналізовані існуючі способи підвищення енергоефективності житлових будівель і сучасні вимоги та норми щодо реалізації проєктів з енергозбереження; проведені аналіз принципів енергоаудиту будівель житлового сектору; проведено збір даних та аналіз інформації щодо поточного стану житлової будівлі; проведено аналіз фактичних витрат енергоносіїв при експлуатації житлової будівлі; визначені основні показники тепловитрат для елементів огорожувальних конструкцій будівлі; проведені експериментальні дослідження щодо виявлення фактичних тепловитрат.

2.2. Методи теоретичних досліджень.

Для вирішення шляхів реконструкції будівель житлового сектору з метою енергозбереження, необхідно враховувати якнайбільш детальну інформацію про теплотехнічний стан будівлі та її складових, існуючі тарифи та ціни. Тому вибір енергозберігаючих заходів буде здійснюватися на підставі розрахунку теплоенергетичних показників будівлі.

Розрахунок приведенного опору теплопередачі огорожувальних конструкцій.

Визначається кліматична зона та місто, де розташована будівля за наведеною нижче картою-схемою кліматичних зон України (рис. 2.1).



Рис. 2.1. Карта-схема температурних зон України

Подальший розрахунок проходить за наступною методикою.

Визначено опір теплопередачі огорожувальних конструкцій.

Опір теплопередачі $R_{\Sigma \text{пр}}$, термічно однорідної непрозорії огорожувальної конструкції, визначається за формулою, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$:

$$R_{\text{пр}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}}, \quad (1)$$

де $\alpha_{\text{в}}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ [5];

$\alpha_{\text{з}}$ - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції для умов холодного періоду, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ [5];

δ_i , λ_i - відповідно товщина й теплопровідність матеріалу i -го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{K})$ [9];

n - кількість шарів матеріалу, шт.

Таблиця 2.1 Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої α_B , та зовнішньої α_3 поверхонь огорожувальних конструкцій

Ч.ч.	Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К)	
		α_B	α_3
1	Зовнішні стіни, суміщені покриття	8,7	23
2	Перекрыття над холодними підвалами, що межують з холодним повітрям	8,7	17
3	Горищні перекрыття над неопалюваними підвалами зі світловими прорізами у стінах, а також зовнішні стіни з вентиляльованим повітряним прошарком, що вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	12
4	Горищні перекрыття та перекрыття над неопалюваними підвалами та техпідпіллями, що не вентилюються зовнішнім повітрям	8,7	6
5	Вікна, двері балконні та входні, вітражі, зовнішні стіни з опорядженням світлопрозорими елементами	8,0	23
6	Зенітні ліхтарі	9,9	23

Приведений опір теплопередачі всієї огорожувальної конструкції $R_{\Sigma пр}$, слід визначати за формулою, Вт/(м²·К):

$$R_{\Sigma пр} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^m \frac{F_i}{R_{i пр}}}, \quad (2)$$

де, F_{Σ} - загальна площа огорожувальної конструкції, яка дорівнює сумі площин окремих ділянок, м²;

F_i , $R_{i\text{пр}}$ - відповідно площа i -ої ділянки огорожувальної конструкції, м^2 , та її приведений опір теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

m – кількість ділянок огорожувальної конструкції з різними приведеними опорами теплопередачі.

Визначимо термічний опір прозорої огорожувальної конструкції.

Термічний опір вікна $R_0^{\text{пр}}$ визначається за формулою:

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{R_0^{\text{ос}} * F_{\text{ос}} + R_0^{\text{пер}} * F_{\text{пер}}}{F_{\text{ос}} + F_{\text{пер}}}$$

де $F_{\text{ос}}$ і $F_{\text{пер}}$ - площі скління і непрозорої частини (рами і палітурки), $[\text{м}^2]$

$R_0^{\text{ос}}$ - опір теплопередачі скління, $[\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{С} / \text{Вт}]$

$R_0^{\text{пер}}$ - опір теплопередачі непрозорої частини (рами і палітурки), $[\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{С} / \text{Вт}]$

Визначення приведенного опору теплопередачі огорожень, що контактують із ґрунтом, здійснюється за наступною методикою. Для цього огороження, що контактують із ґрунтом розбиваються на чотири зони шириною 2 м починаючи з країв. У кожній зоні свій опір теплопередачі, значення якого наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Опір теплопередачі підлоги на ґрунті

Зона	Опір теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
Зона I	2,1
Зона II	4,3
Зона III	8,6
Зона IV	14,2

Приведений опір теплопередачі підлоги на ґрунті визначається за формулою (2).

Приведений опір теплопередачі елемента огорожувальної конструкції повинен бути не менше мінімально допустимого значення $R_{q \text{ min}}$ (Табл. 2.3).

Таблиця 2.3. Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$

Вид огорожувальної конструкції	Нормативне значення $R_{q \min}$, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$, для температурної зони	
	I	II
Зовнішні стіни	3,3	2,8
Суміщені покриття	6,0	5,5
Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів) та покриття мансардного типу	4,95	4,5
Горищні перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5
Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,75	3,3
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6
Зовнішні двері	0,6	0,5

Визначення розрахункових та фактичних питомих тепловитрат на опалення будівлі.

Розрахункове значення питомих тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період $q_{\text{буд}}$, визначається за формулою, $\text{кВт год}/\text{м}^2$:

$$q_{\text{буд}} = Q_{\text{рік}} / F_h, \quad (3)$$

де $Q_{\text{рік}}$ - витрати теплової енергії на опалення будинку протягом опалювального періоду, кВт год ;

F_h - опалювана площа будинку, м^2 ;

Розрахункові витрати теплової енергії $Q_{\text{рік}}$ визначаються за формулою:

$$Q_{\text{рік}} = [Q_k - Q_{\text{вн п}} \cdot \nu \cdot \zeta] \cdot \beta_h, \quad (4)$$

де Q_k - загальні тепловтрати будинку через огорожувальну оболонку будинку, кВтгод, визначаються за формулою:

$$Q_k = \chi_1 \cdot K_{\text{буд}} \cdot D_d \cdot F_{\Sigma}, \quad (5)$$

де $\chi_1 = 0,024$ – розмірний коефіцієнт;

$K_{\text{буд}}$ - загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, визначається за формулою, Вт/(м²·К):

$$K_{\text{буд}} = k_{\Sigma\text{пр}} + k_{\text{інф}}, \quad (6)$$

де $k_{\Sigma\text{пр}}$ - приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, що визначається за формулою, Вт/(м²·К):

$$k_{\Sigma\text{пр}} = \xi (F_{\text{нп}}/R_{\Sigma\text{пр нп}} + F_{\text{с}}/R_{\Sigma\text{пр сп}} + F_{\text{д}}/R_{\Sigma\text{пр д}} + F_{\text{пк}}/R_{\Sigma\text{пр пк}} + F_{\text{ц}}/R_{\Sigma\text{пр ц}}) / F_{\Sigma}, \quad (7)$$

де ξ - коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, пов'язані з орієнтацією огорожень по сторонах світу, наявністю кутових приміщень, надходженням холодного повітря через входи в будинок; для житлових будинків $\xi = 1,13$, для інших будинків $\xi = 1,1$;

$F_{\text{нп}}, F_{\text{с}}, F_{\text{д}}, F_{\text{пк}}, F_{\text{ц}}$ - площа відповідно стін (непрозорих частин), світлопрозорих конструкцій, зовнішніх дверей і воріт, покриттів (горищних перекриттів), цокольних перекриттів, огорожень по ґрунту, м²;

$R_{\Sigma\text{пр нп}}, R_{\Sigma\text{пр сп}}, R_{\Sigma\text{пр д}}, R_{\Sigma\text{пр пк}}, R_{\Sigma\text{пр ц}}$ - приведений опір теплопередачі відповідно стін, світлопрозорих конструкцій, зовнішніх дверей і воріт, покриттів (горищних перекриттів), цокольних перекриттів, м²·°С/Вт; підлог по ґрунту – з урахуванням їх поділу на зони із значенням опору теплопередачі;

F_{Σ} – внутрішня загальна площа огорожувальних конструкцій частини будинку, що опалюється з урахуванням покриття (перекриття) верхнього поверху й перекриття підлоги нижнього опалювального приміщення, м²;

$k_{\text{інф}}$ - умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку, Вт/(м²·К), що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції, визначається за формулою:

$$k_{\text{інф}} = \chi_2 \cdot c \cdot n_{\text{об}} \cdot v_v \cdot V_h \gamma_3 \cdot \eta / F_{\Sigma}, \quad (8)$$

де $\chi_2 = 0,278$ – розмірний коефіцієнт;

c - питома теплоємність повітря, приймається рівною 1 кДж/(кг·К);

$n_{\text{об}}$ - середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період, год⁻¹, що визначається експериментально або приймається за нормами проектування будинків: для приміщень житлових будинків – за вимогами ДБН В.2.2-15-2005; для приміщень громадських будинків – за вимогами ДБН В.2.2-15-2005; для інших будинків – згідно вимог СНиП 2.04.05 та відповідних норм;

v_v - коефіцієнт зниження об'єму повітря у будинку, яким враховується наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій. При відсутності точних даних приймається $v_v = 0,85$;

V_h – опалювальний об'єм будинку, м³;

γ_3 - середня густина повітря, що поступає до приміщення за рахунок інфільтрації та вентиляції, кг/м³, визначається за формулою:

$$\gamma_3 = 353 / [273 + 0,5 \cdot (t_v + t_{\text{оп з}})], \quad (9)$$

де t_v - розрахункова температура внутрішнього повітря приміщень будинків, °С;

$t_{\text{оп з}}$ - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С;

η - коефіцієнт обліку впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях, що приймається рівним 0,7 - для стиків панелей стін, а також багатостулкових вікон, 0,8 – для двостулкових вікон і балконних дверей, 1,0 - для одностулкових вікон і балконних дверей; при цьому коефіцієнт η приймається по найбільшому значенню єдиним для всього будинку.

F_{Σ} - те саме, що у формулі (7);

D_d – кількість градусо-днів опалювального періоду, що визначається залежно від температурної зони експлуатації будинку. Для II температурної зони приймається $D_d = 3075$ °C днів;

$Q_{\text{вн п}}$ - побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, кВт.

ν - коефіцієнт, що враховує здатність огорожувальних конструкцій приміщень будинків акумулювати або віддавати тепло, при відсутності точних даних слід приймати $\nu = 0,8$;

ζ - коефіцієнт авторегулювання подавання тепла в системах опалення; рекомендовані значення: $\zeta = 1,0$ - в однокотловій системі з термостатами та з пофасадним авторегулюванням на індивідуальні теплові пункти (ІТП) або поквартирним горизонтальним розведенням; $\zeta = 0,95$ - у двокотловій системі опалення з термостатами та з центральним авторегулюванням на ІТП; $\zeta = 0,9$ - в однокотловій системі з термостатами та з центральним авторегулюванням на ІТП, а також у двокотловій системі опалення з термостатами і без авторегулювання на ІТП; $\zeta = 0,85$ - в однокотловій системі опалення з термостатами і без авторегулювання на ІТП; $\zeta = 0,7$ - у системі без термостатів та з центральним авторегулюванням на ІТП з коригуванням за температурою внутрішнього повітря; $\zeta = 0,5$ - у системі без термостатів та без авторегулювання на ІТП (регулювання центральне в ІТП або котельні);

β_h - коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системою опалення, пов'язане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів і додатковими тепловтратами через радіаторні ділянки огорожень, тепловтратами трубопроводів, що проходять через неопалювані приміщення: для багатосекційних та інших протяжних будинків $\beta_h = 1,13$, для будинків баштового типу $\beta_h = 1,11$.

Фактичні питомі тепловитрати на опалення корпусу $Q_{\text{пик}}$, кВт, визначаються за допомогою формули:

$$Q_{\text{рік}} = B_{\text{рік}} \cdot Q_{\text{нр}} \cdot \eta \cdot 10^{-6}, \quad (10)$$

де $B_{\text{рік}}$ – фактична витрата палива на опалення, тис. м³;

$Q_{\text{нр}}$ – теплотворна здатність газу, ккал/м³;

η – ККД котлоагрегату.

Розрахунок основних та додаткових витрат тепла через огороджувальні конструкції.

Основні й додаткові втрати теплоти варто визначати, підсумовуючи втрати теплоти через окремі огороджувальні конструкції Q , Вт, з округленням до 10 Вт для приміщень будівлі за формулою:

$$Q = k \cdot F \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}) \cdot (1 + \sum \beta_i) \cdot n, \quad (11)$$

де F – розрахункова площа огороджувальної конструкції, м²;

$k = \frac{1}{R}$ – коефіцієнт теплопередачі огороджувальної конструкції, Вт/м²·°С.

$t_{\text{в}}$ – розрахункова температура повітря в приміщенні °С.

$t_{\text{н}}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для холодного періоду року °С.

β – додаткові втрати теплоти.

n – коефіцієнт, прийнятий залежно від положення зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції стосовно зовнішнього повітря.

Додаткові втрати теплоти через огороджувальні конструкції варто приймати в частках від основних втрат:

а) у приміщеннях будь-якого призначення через зовнішні вертикальні й похилі (вертикальна проекція) стіни, двері й вікна, звернені на північ, схід, північний схід і північний захід у розмірі 0,1, на південний схід і захід - у розмірі 0,05; у кутових приміщеннях додатково - по 0,05 на кожну стіну, двері й вікно, якщо

одне з огорожень звернено на північ, схід, північний схід і північний захід і 0,1 - в інших випадках;

б) у приміщеннях, розроблювальних для типового проектування, через стіни, двері й вікна, звернені на кожен зі сторін світу, у розмірі 0,08 при одній зовнішній стіні й 0,13 для кутових приміщень (крім житлових), а у всіх житлових приміщеннях - 0,13;

в) через перекриття першого поверху над неопалюваними підвалами або підпіллями будинків у місцевостях з розрахунковою температурою зовнішнього повітря мінус 40 С и нижче - у розмірі 0,05;

г) через зовнішні двері, не обладнані повітряними або повітряно-тепловими завісами, при висоті будинків Н, м, від середньої планувальної відмітки землі до верху карниза, центра витяжних отворів ліхтаря або устя шахти в розмірі:

0,2 Н - для потрійних дверей із двома тамбурами між ними;

0,27 Н - для подвійних дверей з тамбурами між ними;

0,34 Н - для подвійних дверей без тамбура;

0,22 Н - для одинарних дверей;

д) через зовнішні ворота, не обладнані повітряними й повітряно-тепловими завісами, - у розмірі 3 при відсутності тамбура й у розмірі 1 - при наявності тамбура у воріт.

Розрахунок тепловитрат через огорожувальні конструкції за рахунок нагрівання повітря, що інфільтрується.

Витрата теплоти Q_{inf} , на нагрівання повітря, що інфільтрується визначається за формулою, Вт:

$$Q_{inf} = 0,28 \sum G_{inf} c(t_e - t_z)k, \quad (12)$$

де G_{inf} — витрата повітря, що інфільтрується, кг/год, через огорожувальні конструкції;

c — питома теплоємність повітря, 1 кДж/(кг·°С);

t_e, t_z — розрахункові температури внутрішнього та зовнішнього повітря, °С

k — коефіцієнт обліку впливу зустрічного теплового потоку в конструкціях, рівний 0,7 для стиків панелей стін і вікон з потрійними плетіннями, 0,8 - для вікон і балконних дверей з роздільними плетіннями й 1,0 - для одинарних вікон, вікон і балконних дверей зі спареними плетіннями й відкритими прорізами.

Витрата повітря, що інфільтрується в приміщенні G_{inf} , через нещільності зовнішніх огорожень визначається за формулою, кг/год:

$$G_{inf} = 0,216 \sum F_1 \Delta p_i^{0,67} / R_u + \sum F_2 G_H (\Delta p_i / \Delta p_l)^{0,67} + 3456 \sum F_3 \Delta p_i^{0,5} + 0,5 \sum l \Delta p_i / \Delta p_l, \quad (13)$$

де F_1, F_2 — площі зовнішніх огорожувальних конструкцій m^2 , відповідно світлових прорізів (вікон, балконних дверей, ліхтарів) і інших огорожень;

— площа щілин, нещільностей і прорізів у зовнішніх огорожувальних конструкціях;

$\Delta p_i, \Delta p$ — розрахункова різниця між тисками на зовнішній і внутрішній поверхнях огорожувальних конструкцій відповідно на розрахунковому поверсі при $\Delta p = 10$ Па;

R_u — опір повітропроникності, $m^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па} / \text{кг}$;

G_H — нормативна повітропроникність зовнішніх огорожувальних конструкцій, $\text{кг} / (m^2 \cdot \text{год})$

l — довжина стиків стінових панелей, м.

Розрахункова різниця між тисками на зовнішній і внутрішній поверхнях кожної огорожувальної конструкції Δp_i , Па, приймається після визначення умовно-постійного тиску повітря в будинку p_{int} , Па (ототожнюється з тисками

на внутрішніх поверхнях зовнішніх огорожувальних конструкцій), на основі рівності витрати повітря, що надходить у будинок G_i , кг/год, і видається з нього G_{ext} , кг/год.

Розрахункова різниця тисків Δp_i , визначається за формулою:

$$\Delta p_i = (H - h_i) (\gamma_i - \gamma_p) + 0,5 p_i v^2 (c_{e,n} - c_{e,p}) k_l - p_{int}, \quad (14)$$

де H — висота будинку, м, від рівня середньої планувальної оцінки землі до верху карниза, центра витяжних отворів ліхтаря або устя шахти;

h_i — розрахункова висота, м, від рівня землі до верху вікон, балконних дверей, дверей, воріт, прорізів або до осі горизонтальних і середини вертикальних стиків стінових панелей;

γ_i, γ_p — питома вага, Н/м³, відповідно зовнішнього повітря й повітря в приміщенні, знайдена за формулою

$$\gamma = \frac{3463}{(273 + t)}, \quad (15)$$

p_i — щільність зовнішнього повітря, кг/м³;

v — швидкість повітря, що дорівнює 5 м/с;

C_n, c_n — аеродинамічні коефіцієнти відповідно для навітряної й підвітряної поверхонь огорожень будинку, $\tilde{n}_i = 0,8$; $\tilde{n}_i = 0,6$.

k_l — коефіцієнт обліку зміни швидкісного тиску вітру залежно від висоти будинку;

p_{int} — умовно-постійний тиск повітря в будинку, Па.

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:

$$P_m = \Delta L \sum_{t=1}^T (1+E)^{-t} - \Delta K \geq 0, \quad (16)$$

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:

$$c_m \lambda_m \leq 24 c_v f(F) f(r) \alpha_1 D_{dH} / (R_{req} R_{\square}^*), \quad (17)$$

$c_m \lambda_m$ - 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, (м² ·°C/Вт);
- R_0^* - опір теплопередачі тої ж конструкції без теплоізоляційного шару, (м² ·°C/Вт);
- D_d - кількість градусо-днів опалювального періоду.

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

$$f_{(F)} = (1 - F_p / F)^{-1}, \quad (18)$$

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

$$f_{(r)} = r(R_{req} - R_0^*) / (R_{req} - rR_0^*), \quad (19)$$

де r - коефіцієнт теплотехнічної однорідності.

$$\alpha_1 = [1 - (1 + E)^{-T}] / E, \quad (20)$$

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

$$c_m \lambda_m \leq 24 c_e f(F) f(r) \alpha_2 D_{dn} / (R_{reg} R_0^*) \quad (21)$$

де α_2 визначається за формулою:

$$\alpha_2 = [1 - (1 + E)^{-(1+1/E)}] / E, \quad (22)$$

Всі теплоізоляційні матеріали, що задовольняють двом нерівностям (17) і (21), 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:

$$T = \frac{C}{P}, \quad (23)$$

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

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

$$P = P_1 + P_2, \quad (24)$$

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

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

$$P_1 = 0,024 \cdot c_B \cdot z_{o.п.} \cdot (Q_{1тп} - Q_{2тп}), \quad (25)$$

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

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

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

$$P_1 = 0,024 \cdot c_B \cdot z_{o.п.} \cdot (Q_{інф1} - Q_{інф2}), \quad (26)$$

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

Простий строк окупності T_n , років, визначається:

$$T_n = \frac{I}{\Xi_{год}}, \quad (27)$$

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

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

Чистий дисконтований прибуток розраховується по формулі:

$$ДД = \sum_{t=0}^T (D_t - Z_t - I_t)(1 + E)^{-t}, \quad (28)$$

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.і.) 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:

$$\sum_{t=1}^T (D_t - Z_t)(1 + E_{вн})^{-t} = \sum_{t=1}^T I_t(1 + E_{вн})^{-t} \quad (29)$$

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):

$$\Pi_i = \frac{\sum_{t=1}^T (D_t - Z_t)(1 + E)^{-t}}{I_0 + \sum_{t=1}^T I_t(1 + E)^{-t}}. \quad (30)$$

2.3. Методи експериментальних досліджень.

Проведення детального енергетичного обстеження є ключовим етапом у реалізації стратегії енергозбереження. Цей процес дозволяє розв'язати низку критичних завдань:

1. Акумуляція об'єктивних даних: отримання точної інформації про фактичні обсяги споживання всіх видів енергоресурсів.
2. Ідентифікація показників ефективності: встановлення реального стану будівлі порівняно з нормативними вимогами.
3. Аналіз потенціалу економії: виявлення резервів для зниження витрат та розрахунок можливого рівня підвищення енергоефективності.
4. Формування дорожньої карти: розробка списку типових та спеціалізованих заходів, а також їхня попередня вартісна оцінка.

Всі отримані під час аудиту відомості систематизуються та фіксуються в енергетичному паспорті об'єкта. Це офіційний документ, що відображає якість використання паливно-енергетичних ресурсів.

Розраховуючи енергоефективність, визначають, скільки коштів щороку витрачають на енергетичні потреби об'єкта: опалення, освітлення тощо. Визначаючи клас енергоефективності можна застосовувати наступні найпоширеніші способи, які застосовуються при аудиті енергоефективності будівель та приміщень.

Метод короткострокових вимірів. На об'єкті один раз вимірюють показники однієї чи двох модернізованих інженерних систем. Порівнюють нові та попередні показання. Розраховують різницю. Так встановлюють класи енергоефективності будівель.

Метод тривалих серій вимірів. Аудитор знімає показники модернізованого інженерного обладнання з обраною періодичністю протягом певного проміжку часу. В результаті одержують відомості про слабкі місця в інженерного обладнання. Проводять модернізацію системи.

Аналіз обладнання у всьому будинку. Безперервно враховують показання всього енергетичного обладнання у будинку. Отримані відомості заносять у видані паспорти енергоефективності.

Розрахунково-експериментальний метод. Дозволяє визначати класи енергоефективності будівель за допомогою комп'ютерних розрахунків та моделювання кривої енергоспоживання об'єкта. Аналітичну роботу проводять у всій будівлі.

При виборі способу враховують тип об'єкта та інженерного обладнання. Найчастіше фахівці використовують загальний аналіз показань обладнання по всьому об'єкті. Завдяки йому виконують комплексну оцінку ситуації та виявляють галузі, які потрібно негайно модернізувати.

Класи енергоефективності визначають у будівель, що експлуатують не менше трьох років та заселених не менше, ніж на 75 відсотків. Такі правила встановили у зв'язку з тим, що саме за цей період на об'єкті рівномірно розподіляються волога та ступінь теплового захисту, а показники тепла всередині приміщення наближені до нормативних.

Крім цього, до уваги беруть ще низку моментів:

Чи відповідає будівля всім розпорядженням та вимогам. Забудовник зобов'язаний слідкувати за цим протягом 5 років з моменту, коли його будинок ввели в експлуатацію.

Об'єкти, де перевіряють енергоефективність, обладнають приладами обліку ресурсів.

Експлуатувати будівлі, що не відповідають вимогам енергоефективності, та без приладів обліку заборонено. Аналізують цей параметр кожні 5 років.

Будинкам, що перебувають у експлуатації, клас енергоефективності надають органи житлового нагляду на підставі енергодекларації. Вводять в експлуатацію об'єкт відповідно до енергопаспорту, клас енергетичної ефективності надають на 5 років.

Класи енергоефективності будівель надають за наступним алгоритмом:

- Оцінюють технологічні, архітектурні, інженерні та конструктивні параметри;
- Визначають економію енергії чи тепловтрати з допомогою розрахункового чи інструментального методу;
- Обчислюють міру відхилення питомої витрати енергоресурсів від норми.
- Потім визначають клас енергоефективності будівлі.

Клас енергоефективності присвоюють новобудовам, багатоквартирним будинкам після реконструкції або капітального ремонту, а також будинкам, де має проводитись державний будівельний нагляд. В інших випадках енергоефективність визначають, якщо цього захотів власник чи забудовник.

Процедура та зміст енергетичного аудиту об'єктів

Енергетичне обстеження є багатограним процесом, що передбачає збір та аналіз критичної інформації про функціонування всіх систем життєзабезпечення установи.

У рамках аудиту здійснюється:

1. Моніторинг джерел та споживання: Збір даних про постачальників енергії та фактичні обсяги використання електрики, тепла, газу, води, а також моторного палива для технічних потреб.
2. Діагностика систем: Комплексна оцінка поточного стану мереж тепло- та електропостачання, вентиляційних систем, контурів гарячого й холодного водопостачання.
3. Інспекційні заходи: Поєднання візуального огляду конструкцій із інструментальними методами обстеження (наприклад, термографією) для виявлення прихованих дефектів.

Аналітична складова аудиту включає:

1. Ревізію вузлів обліку: Перевірка відповідності засобів вимірювання встановленим стандартам та оцінка діючих схем регулювання споживання.
2. Виявлення втрат: Детальний аналіз витрат на придбання енергоресурсів дозволяє відокремити необхідне споживання від необґрунтованих втрат. Це стає базою для аргументації зміни обсягів споживання кожного виду ресурсу.
3. Розрахунок питомих показників: Обчислення витрат енергії на одиницю площі або об'єму будівлі, що дозволяє порівняти об'єкт із еталонними значеннями.

Результатом цієї роботи є науково обґрунтований перелік заходів, спрямованих на максимізацію енергоефективності та оптимізацію бюджетних витрат установи [3].

Визначення сучасного стану та основних показників енергоспоживання виконано у відповідності до основних положень щодо проведення енергетичних обстежень.

Енергетичне обстеження здійснюється за уніфікованим алгоритмом, що забезпечує системність та високу якість роботи фахівця. Використання стандартизованої методики не лише підвищує продуктивність аудитора, а й

створює умови для безперешкодної співпраці кількох експертів або передачі проєкту на різних етапах його реалізації.

Фундаментальні вимоги до стратегії проведення обстеження включають:

1. Універсальність: Методологія є адаптивною та може бути застосована до будь-яких типів будівель, промислових об'єктів чи господарських комплексів.
2. Всеохопність: Обов'язковому обліку та аналізу підлягають усі без винятку види використовуваної енергії.
3. Дискретність та контроль: Можливість чіткого розмежування етапів дослідження з можливістю прийняття рішення про продовження робіт або їх завершення залежно від отриманих проміжних результатів.
4. Кооперація: Створення єдиної інформаційної та методичної бази, що дозволяє різним групам аудиторів ефективно взаємодіяти в рамках одного проєкту.

Виходячи з нормативно-правової бази основними етапами енергоаудиту повинні бути:

- визначення обсягу споживання енергії і її вартості за репрезентативний проміжок часу;
- обстеження паливно-енергетичних потоків на об'єкті;
- аналіз ефективності використання енергії та енергоносіїв;
- розроблення рекомендацій з ефективного використання енергоресурсів;
- економічне обґрунтування пропонованих рекомендацій;
- підготовка звіту.

У зв'язку з відсутністю паспорту будинку та інформації про склад та стан його огорожувальних конструкцій перш ніж проводити розрахунки та робити висновки, необхідно дослідити будівлі з яких складається будинок та з'ясувати з яких будівельних матеріалів складаються їх огорожувальні конструкції, які площі займають та який їх теперішній стан.

Для повного уявлення досліджувального об'єкта необхідно зібрати такі відомості:

- існуюча система опалення, опалювальні площі;
- система газопостачання(джерело, споживачі);
- система водопостачання(джерело, споживачі);
- система електропостачання(джерело, споживачі);
- кліматична зона, в якій знаходиться будівля, середня температура повітря в опалювальному сезоні й тривалість опалювального сезону;
- енергоспоживання, тарифи й фінансові витрати на енергоресурси;
- технічний стан трубопроводів, теплоізоляції, запірних арматур;
- система обліку енергоресурсів;
- стан вікон будинку, кількість, розміри, вид віконних прорізів, наявність не закслених, розбитих вікон, наявність тріщин і щілин. Відомості про проведення або не проведення заходів щодо утеплення;
- стан покрівлі будинку, вид покрівлі, матеріали, розміри, технічний стан, наявність дір, щілин, тріщин;
- стан стін будинку, види конструкцій, розміри, наявність матеріалів, що утеплюють;
- стан підлоги будинку;
- стан дверей у будинку, кількість зовнішніх дверей, вид дверей, їхній технічний стан.

Інструментальне обстеження проводиться для відтворення інформації, недостатньої для оцінки ефективності енерговикористання, або при виникненні сумнівів щодо достовірності отриманої інформації. При інструментальному обстеженні застосовуються стаціонарні або переносні спеціалізовані прилади, при цьому слід максимально використовувати наявні на підприємстві системи обліку енергоресурсів.

На підставі зібраної первинної інформації складається енергетичний паспорт будинку.

Вся інформація, що була отримана в результаті дослідження будівлі та інструментального дослідження, є вихідною для аналізу ефективності енерговикористання.

Результати проведеної роботи оформлюються у вигляді звіту про енергетичне обстеження, структура якого традиційно поділяється на описову та аналітичну частини. Перший блок містить вичерпну характеристику об'єкта та деталізовані дані щодо поточної моделі енергоспоживання. В аналітичному розділі фокус зміщується на фізико-технічний та фінансово-економічний аналіз ефективності використання ресурсів, де також формулюються конкретні рекомендації з енергозбереження та визначається послідовність їх впровадження. Важливою складовою звіту є специфікація необхідного обладнання для реалізації запропонованих проєктів, що супроводжується розрахунками потенційної економії та термінів окупності інвестицій. Для зручності ознайомлення з ключовими висновками, підсумковий перелік енергоефективних заходів разом із показниками очікуваної економії виноситься на початок документа у форматі загального резюме. За потреби звіт доповнюється додатками, що містять поглиблені математичні розрахунки, технічні паспорти обладнання та інші допоміжні довідкові матеріали.

2.4. Висновки по розділу 2.

1) Визначена структура наукового дослідження для вирішення поставлених завдань.

2) Наведені методи теоретичного дослідження для визначення теплоенергетичних показників будівлі та подальшої 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 сучасний стан об'єкта дослідження.

Житловий одноповерховий будинок котеджного типу розташований за адресою: м. Херсон, вул. Східна 12, буд. 9. Будівля має в основі прямокутник (6х20)м та спроектована у формі паралелепіпеду, має 1 поверх, житлова площа складає 120 м².

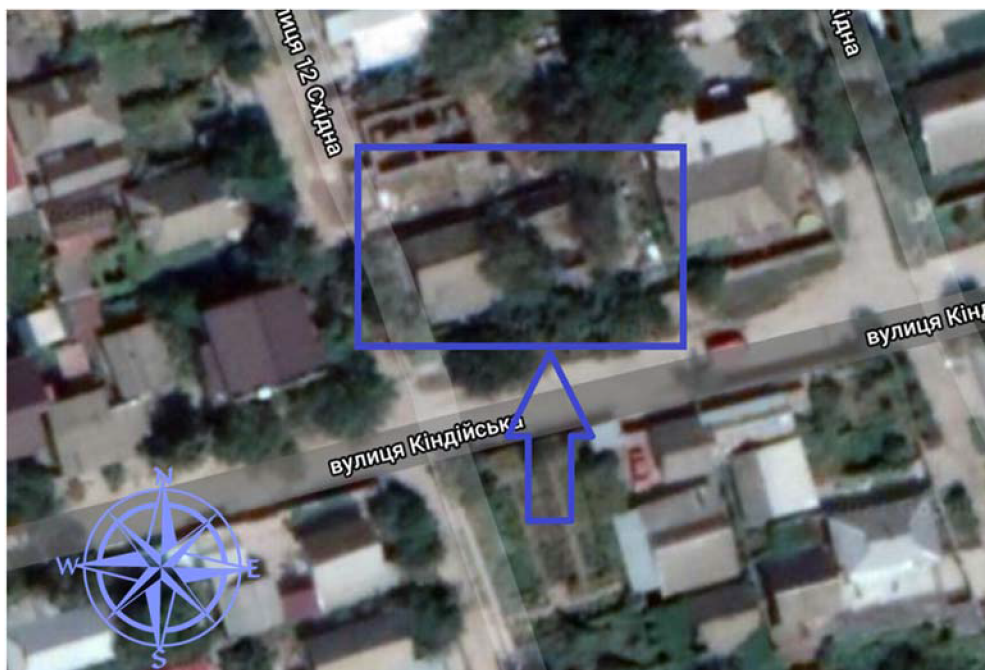


Рис. 3.1. Розташування будівлі на Google карті

Основні параметри будівлі:

Загальний об'єм будівлі складає	360 м ³ ;
Загальна площа будівлі складає	140 м ² ;
Загальна площа приміщень	120 м ² ;
Корисна площа приміщень	96 м ² .

Габаритні розміри будівлі:

(довжина Д, ширина Ш, висота В) 6,0м x 20,0м x 5м.

Інженерне обладнання об'єкту:

1. Водопровідна лінія 36 м;

- | | | |
|----|-------------------------|-------|
| 2. | Каналізаційна лінія | 38 м; |
| 3. | Автономне опалення | 64 м; |
| 4. | Лінія електроосвітленні | 56 м. |

Зовнішній вигляд житлового будинку та подвір'я представлено на рис.

3.2, 3.3.



Рис. 3.2. Зовнішній вигляд будівлі



Рис. 3.3. Подвір'я біля будинку

Система теплопостачання.

Будівля має автономне опалення, встановлено комбінований чавунний котел 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	Тверде паливо, природний газ ГОСТ 5542-87
7.	Теплота згоряння газу, МДж/м ³	33,5-41,8
8.	Витрата газу при теплоті згоряння 35,8 МДж/ м ³ , м ³ /год	4,4
9.	Обсяг води в котлі, м ³	0,059
10.	Коефіцієнт робочого регулювання теплової потужності пальника	5
11.	Габаритні розміри котла, включаючи кожух, пальник і патрубків датчиків, мм довжина ширина висота	 835 500 1150
12.	Маса котла, кг	295

При дослідженні будівлі були зафіксовані металічні секційні радіатори (рис. 3.4).



Рис. 3.4. 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, м²
Зовнішні стіни				
1.	Камінь ракушечник М25	0,3	0,6	260
	Цементно-піщана штукатурка	0,015	0,71	
	Пінополістирол	0,05	0,036	
Дах				
1.	Дерево сосна (дошки)	0,06	0,18	120
	Дерево сосна (брус)	0,15	0,18	
	Плити мінеральної вати	0,08	0,056	
	Шифер	0,005	0,65	

Підлога				
1.	Залізобетонні плити	0,10	2,04	24
	Керамічна плитка	0,01	1,05	
2.	Залізобетонні плити	0,10	2,04	96
	Плити деревностружкові	0,18	0,08	
	Лінолеум	0,003	0,33	
Вікна				
1.	Скло	0,006	0,74	2,16
	Повітряний прошарок	0,012	0,19	
	Дерево сосна (рама)	0,15	0,18	0,24
2.	Скло	0,006	0,74	17,28
	Повітряний прошарок	0,02	0,19	
	Пластиковий профіль	0,05	0,22	1,92
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). 80 % вікон складають сучасні дешеві склопакети. Характерні типи вікон наведені на Рис. 3.5.

Вхідні двері в дім – металодерев'яні (загальна площа 1,8 м²). Характерні типи вікон наведені на Рис. 3.6.



Рис. 3.5. Типи вікон будівлі



Рис. 3.6. Типи дверей будівлі

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

1. Велика кількість щілин між рамами, між рамою й склом (Рис. 3.7)



Рис. 3.7. Стан вікон в будівлі

2. На деяких поверхнях огорожувальних конструкцій виявлені грибки, викликані постійною вологістю й вогкістю елементів будівлі (Рис. 3.8).



Рис. 3.8. 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. 3.9, 3.10, 3.11.

Таблиця 3.3 Фактичне споживання електроенергії (кВт·міс)

Рік Місяць	2019	2020	2021
Січень, кВт	485	488	505
Лютий, кВт	455	468	459
Березень, кВт	493	491	501
Квітень, кВт	425	452	428
Травень, кВт	385	396	355
Червень, кВт	325	328	321
Липень, кВт	320	314	326
Серпень, кВт	358	355	364
Вересень, кВт	320	314	326

Рік Місяць	2019	2020	2021
Жовтень, кВт	421	452	436
Листопад, кВт	451	448	449
Грудень, кВт	465	488	479
Всього за рік, кВт·год	4903	4994	4949
Тариф, грн/ кВт·год	1,68	1,68	1,68
Нараховано (з НДС), грн	8237	8390	8314

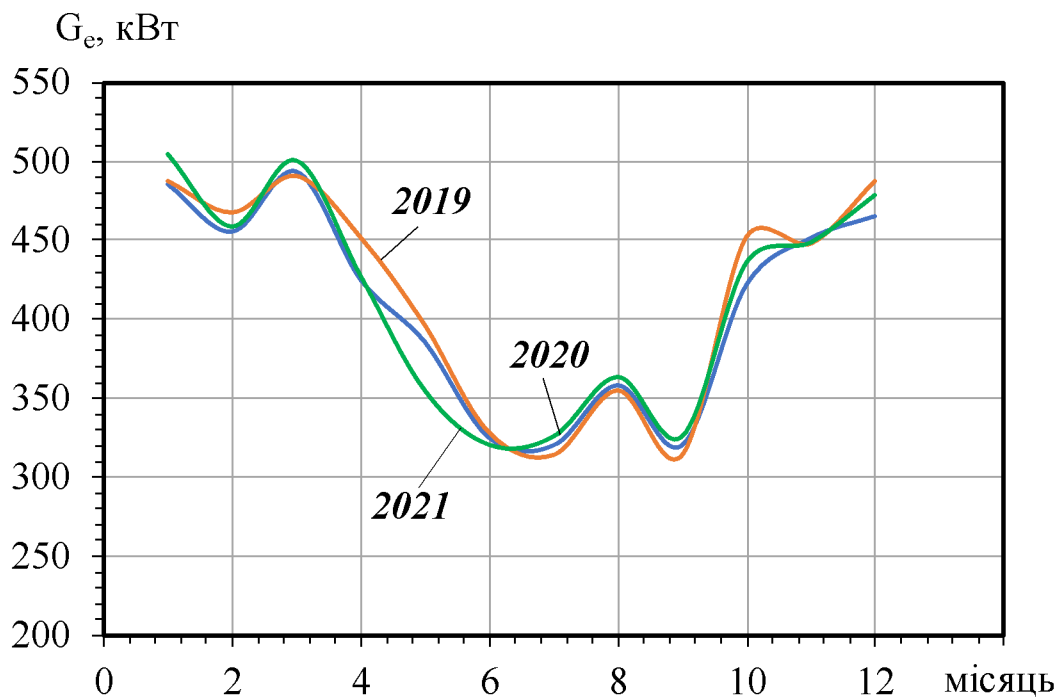


Рис. 3.9. Фактичне споживання електроенергії (кВт)

Аналізуючи споживання електроенергії впродовж трьох останніх років можна прослідити тенденцію збільшення споживання електроенергії в холодні зимові та осінні місяці (грудень, січень, лютий, березень, квітень) та зменшення в теплий період – влітку та навесні (травень, червень, липень, серпень, вересень).

Нерівномірне споживання електроенергії пояснюється тим, що в будівлі в опалювальний період використовується електричні прилади, режими роботи яких позначаються на споживання електроенергії.

Таблиця 3.4 Фактичне споживання газу (тис. м³)

Місяць	2019		2020		2021	
	тис.м³	грн.	тис.м³	грн.	тис.м³	грн.
Січень	0,423	2199,6	0,408	2794,8	0,415	2842,8
Лютий	0,389	2022,8	0,394	2698,9	0,391	2678,4
Березень	0,355	1846	0,321	2198,9	0,331	2267,4
Квітень	0,126	655,2	0,112	767,2	0,098	671,3

Місяць	2019		2020		2021	
	тис.м³	грн.	тис.м³	грн.	тис.м³	грн.
Травень	0,035	182	0,031	212,35	0,037	292,3
Червень	0,020	104	0,021	143,85	0,020	158
Липень	0,016	83,2	0,019	130,15	0,017	134,3
Серпень	0,022	114,4	0,021	143,85	0,02	158
Вересень	0,021	109,2	0,022	150,7	0,02	158
Жовтень	0,128	665,6	0,101	691,85	0,115	908,5
Листопад	0,224	1164,8	0,238	1630,3	0,246	1943,4
Грудень	0,398	2069,6	0,381	2609,9	0,394	3112,6
Всього за опалювальний сезон	2,157	11216,4	2,069	14172,65	2,104	15324,85

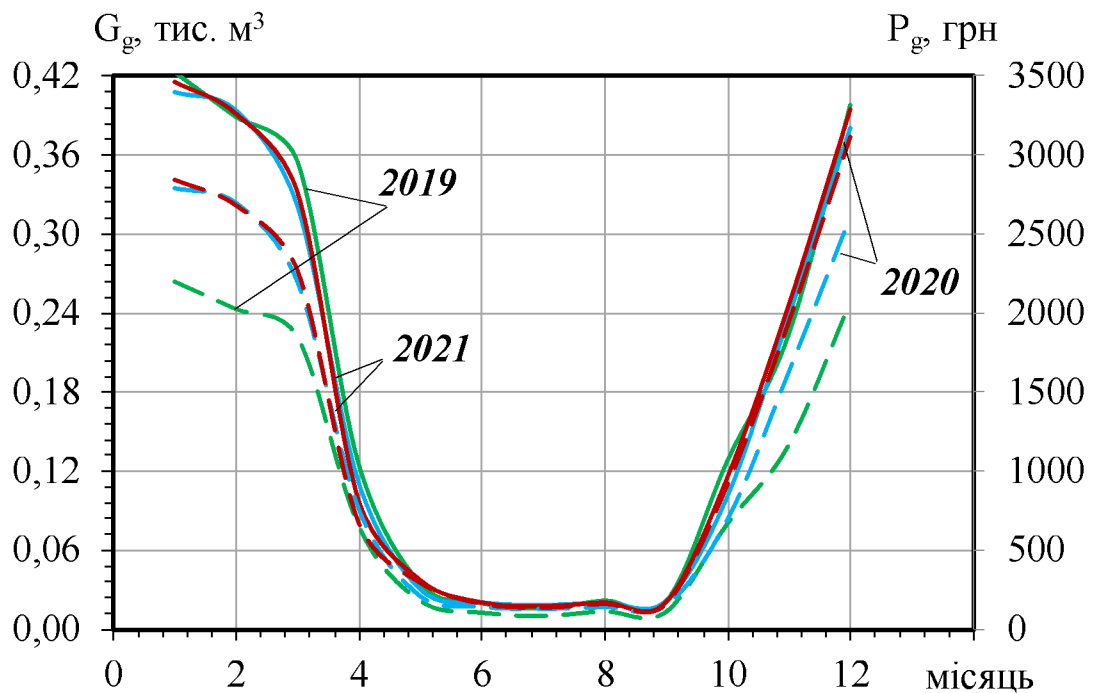


Рис. 3.10. Фактичне споживання газу (тис. м³) та
сплата за споживання газу (грн.)

Витрати газу йдуть на забезпечення потреб жильців, опалення будівлі, тому тенденція споживання завжди однакова: з початку опалювального сезону поступове збільшення, і наприкінці зими – зменшення. В найбільш холодні місяці поточних років споживання збільшувалося.

Таблиця 3.5 Фактичне споживання води (м³)

Місяць	2019		2020		2021	
	м ³	грн.	м ³	грн.	м ³	грн.
Січень	7	71,4	7	88,9	7	105,98
Лютий	7	71,4	7	88,9	6	90,84
Березень	7	71,4	8	101,6	7	105,98
Квітень	8	81,6	8	101,6	8	121,12
Травень	10	102	9	114,3	11	166,54
Червень	10	102	10	127	11	166,54
Липень	12	122,4	11	139,7	11	166,54

Серпень	12	122,4	13	165,1	12	181,68
Вересень	10	102	10	127	9	136,26
Жовтень	8	81,6	8	101,6	8	121,12
Листопад	7	71,4	6	76,2	7	105,98
Грудень	7	71,4	7	88,9	6	90,84
Всього за рік	105	1071	104	1320,8	103	1559,42

При дослідженні споживання води були виявлені збільшені витрати води у літні місяці. Такі завищені показники отримані в наслідок підвищеного споживання для поливу присадибної ділянки.

У таблиці 3.6 наведені сумарні витрати коштів на енергопостачання.

Таблиця 3.6 Сумарні витрати коштів на енергопостачання будинку

Енергоресурси	2019	2020	2021
Електроенергія, грн.	8237	8390	8314
Газ, грн.	11216,4	11216,4	11216,4
Вода, грн.	1320,8	1320,8	1320,8
Всього нараховано, грн.	20774,2	20927,2	20851,2

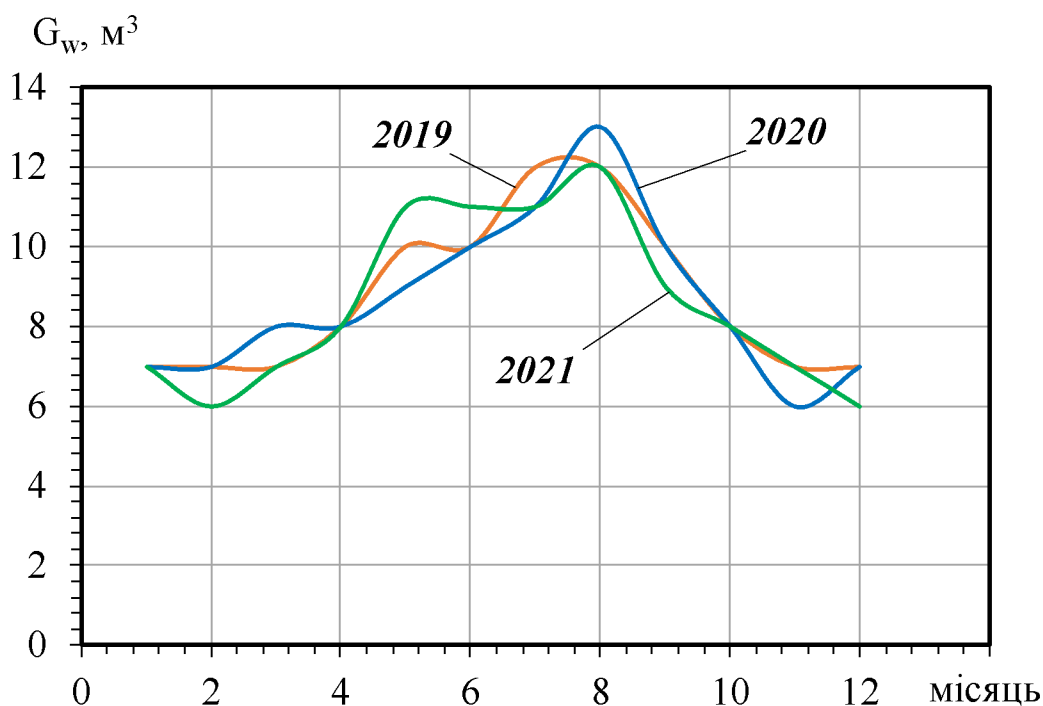


Рис. 3.11. Фактичне споживання води (м³)

В результаті проведеної роботи була зібрана та проаналізована інформація щодо споживання електроенергії, газу та води за останні три роки.

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

Зменшення споживання електричної енергії може бути досягнуто за рахунок таких заходів: заміна люмінесцентних ламп на діодні компактні енергозберігаючі лампи, застосування датчиків освітлення для вмикання нічних автономних світильників для пересування будинком вночі, встановлення сонячного колектору замість електричного бойлеру.

Зменшення споживання газу може бути досягнуто поліпшенням теплоізоляції зовнішніх огорожувальних конструкцій, встановленням колекторів між стіною та приладами опалення, усунення втрат тепла через зіпсовану ізоляцію трубопроводів.

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:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{i\text{р}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}},$$

де $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К), приймають згідно з Додатком Б ДСТУ Б В.2.6-189:2013, і дорівнюють:

$$\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

$$\alpha_{\text{з}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

δ_i – товщина і-го шару зовнішніх стін, м;

$\lambda_{i\text{р}}$ – розрахункова теплопровідність матеріалу і-го шару зовнішніх стін в розрахункових умовах, Вт/(м·К).

Для м. Херсона умови експлуатації – Б.

Таблиця 3.7 Типи зовнішніх стін

Тип	Опір теплопередачі, м²·К/Вт.	Площа, м²	Висновок
Тип 1	2,068	260	Недостатньо тепло ізольована, необхідне проведення енергозберігаючих заходів.

Приведений опір теплопередачі зовнішніх стін огорожувальної конструкції дорівнює $R_{\Sigma\text{пр}} = 2,068 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Згідно з ДБН В.2.6-31 мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для непрозорих частин зовнішніх стін в II-й температурній зоні експлуатації України (м. Херсон) становить $R_{q \text{ min}} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

На підставі співставлення фактичного опору теплопередачі з мінімально допустимим робиться висновок про необхідність проведення утеплення зовнішніх стін.

Дах будівлі (табл. 3.8):

Таблиця 3.8 Типи кровлі

Тип	Опір теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.	Площа, м^2	Висновок
Тип 1	2,761	120	Недостатньо тепло ізольована, необхідне проведення енергозберігаючих заходів.

Приведений опір теплопередачі даху огорожувальної конструкції дорівнює $R_{\Sigma\text{пр}} = 2,761 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Мінімально допустимий опір теплопередачі покриття неопалювальних горіщ $R_{\min} = 4,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. На підставі співставлення фактичного опору теплопередачі з мінімально допустимим робиться висновок 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	0,217	24	Недостатньо тепло ізольована, необхідне проведення енергозберігаючих заходів.
Тип 2	2,467	96	Недостатньо тепло ізольована, необхідне проведення енергозберігаючих заходів.

Приведений опір теплопередачі підлоги огорожувальної конструкції дорівнює $R_{\Sigma\text{пр}} = 2,242 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

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
Вікна з дерев'яними шибками (Тип 1)	0,23	2,16	Опір теплопередачі не відповідає нормативним вимогам.
Однокамерні металопластикові вікна (Тип 2)	0,46	17,28	Опір теплопередачі не відповідає нормативним вимогам.

Відповідно [11], мінімально допустимий опір теплопередачі вікон та світлопрозорих конструкцій дорівнює $R_{\min} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. На підставі співставлення фактичного енергетичного опору теплопередачі з мінімально допустимим робиться висновок про необхідність проведення утеплюючих заходів. У випадку першого та другого типу вікон проведення енергозберігаючих заходів необхідне.

Приведений опір теплопередачі вікон та світлопрозорих дорівнює $R_{\Sigma \text{пр}} = 0,45 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Двері будівлі

Таблиця 3.11 Двері будівлі

Тип	Опір теплопередачі, $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.	Площа, м^2	Висновок
Металеві	0,436	1,8	Недостатньо тепло ізольована, необхідне проведення енергозберігаючих заходів.

Відповідно [11], мінімально допустимий опір теплопередачі зовнішніх дверей дорівнює $R_{\min} = 0,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$. На підставі співставлення фактичного опору теплопередачі з мінімально допустимим робиться висновок про необхідність проведення чи не проведення утеплюючих заходів.

Приведений опір теплопередачі всієї огорожувальної конструкції дорівнює $R_{\Sigma np} = 1,677 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$.

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

Не відповідають показникам всі типи огорожувальних конструкцій: Вікно (Тип 1, Тип 2), Зовнішні стіни, Двері, Дах, Підлога.

3.4. Визначення річних витрат енергії.

Мета розрахунку виявити, відповідають чи не відповідають фактичні витрати палива максимальним нормативним тепловитратам та співставити їх з розрахунковим значенням тепловитрат на опалення будинку.

Нормативна максимальна питома енергопотреба, згідно вимог ДБН В.2.6-31:2016, для одноповерхової будівлі, що розміщена у II температурній зоні, об'ємом **360** м^3 - $110 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$.

Фактичні тепловитрати знаходимо за допомогою витрат природного газу на котельню. Отримаємо такі показники за три останні роки (табл. 3.12):

Таблиця 3.12 Фактичні тепловитрати

Опалювальний сезон	Витрати газу, тис.м ³	Питомі тепловитрати, кВт·год/м ³
2018-2019	2,157	2,247
2019-2020	2,069	2,155
2020-2021	2,104	2,191

Значення розрахункових тепловитрат залежить від об'ємно-габаритних показників будівлі, від теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій. Розрахункові тепловитрати дорівнюють – $2,416 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$.

Таким чином можна побачити, що фактичні не перевищують встановлені норми.

3.5 Визначення теплових витрат через огорожувальні конструкції будівель

Теплові витрати розраховувалися для кожного типу огорожувальних конструкцій окремо з деталізацією по сторонам світу. Для поліпшення виявлення найбільш теплозатратних ділянок було введено коефіцієнт f , який дорівнює відношенню теплових витрат на даній ділянці до площі цієї ділянки. Коефіцієнт відображає кількість втраченої теплоти через 1 м² ділянки. Отримані результати зведені до табл. 3.13:

Таблиця 3.13 Тепловитрати через огорожувальні конструкції

Огорожувальна конструкція	Теплові витрати, Вт
Вікна, тип 1	7969,3
Вікна, тип 2	31474,9
Зовнішні стіни, тип 1	105031
Дах	36413,5
Підлога, тип 1	92505,9
Підлога, тип 2	32648,3
Двері, тип 1	3585,5

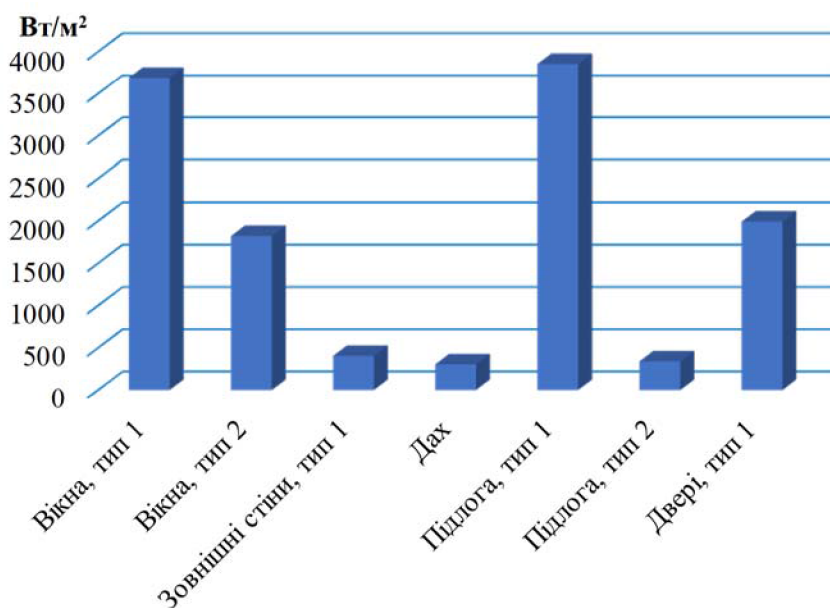


Рис. 3.12. Показник питомих тепловитрат через окремі огорожувальні конструкції

Аналізуючи питомі показники тепловтрат, можна побачити, що найбільш тепловитратними являються зовнішні стіни, вікна, дах та підлога. Тобто, на ці ділянки необхідно звернути увагу в першу чергу.

3.6 Аналіз витрат тепла через огорожувальні конструкції

З отриманням результатів попередніх розрахунків необхідно звести кругову діаграму "Розподіл існуючих теплових втрат", приведена на рис. 3.13 та доповнюється зведена таблиця теплових втрат, табл. 3.14.

Таблиця 3.14 Теплові втрати будівлі

1) Витрати тепла шляхом теплопередачі, кВт	
- вікна	39,44
- зовнішні стіни	105,03
- дах	36,41
- двері	3,59
- підлога	125,15
Σ	309,62
2) Витрати тепла шляхом інфільтрації, кВт	
Σ	54
Сумарні витрати тепла	363 кВт

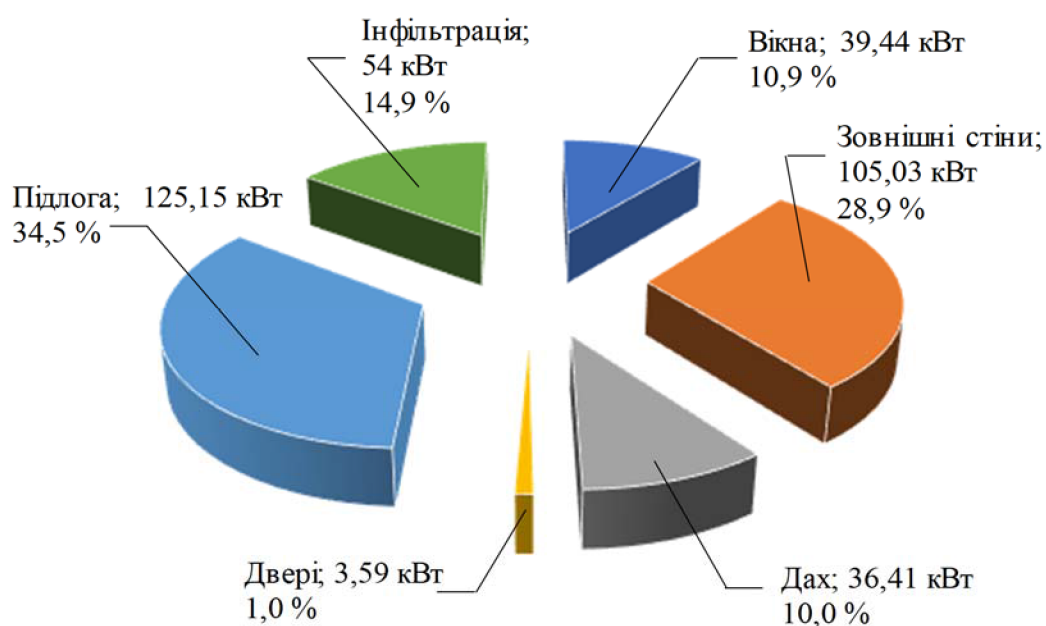


Рис. 3.13 Розподіл існуючих теплових втрат в корпусі будівлі.

Аналізуючи отриману інформацію визначаємо, що найбільшу кількість теплоти корпус втрачає через зовнішні стіни втрачається 28,9 % загальних тепловтрат, через вікна – 10,9%, через дах – 10%, через підлогу – 34,5%, через вхідні двері – 1,0%.

В результаті попередніх розрахунків були зроблені висновки:

1) Приведені опори теплопередачі всіх типів огорожувальної конструкції (стіни, вікна, дах та підлога) не відповідають нормативним вимогам;

2) Найбільш теплотратні ділянки – підлога, зовнішні стіни;

3) Найбільша кількість тепла втрачається будинку через зовнішні стіни (28,9%), підлогу (34,5%), вікна (10,9%), дах (10%).

Керуючись цими висновками обираються енергозберігаючі заходи.

3.7 Висновки по розділу 3

1. За результатами обстеження одноповерхової будівлі у місті Херсоні встановлено стан її основних елементів на даний час, а саме огорожувальних конструкцій, вікон, дверей та опалювального обладнання.

2. В результаті проведеної роботи була зібрана та проаналізована інформація щодо споживання електроенергії, палива та води за останні три роки.

3. Виявлено місця підвищених тепловтрат і відповідно визначено основні причини ненормованих теплових витрат.

4. Показано, що будівля за класифікацією будинків за енергетичною ефективністю належить до класу «Е».

5. Визначені значення приведенного опору основних елементів огорожувальних конструкцій (зовнішніх стін, вікон, дверей, підлоги на

грунті, кровлі). Показано, що майже для всіх існуючих типів огорожувальних конструкцій необхідно вжити енергозберігаючі заходи.

6. Визначені значення приведенного опору всієї несвітлопрозорої огорожувальної конструкції $R_{\Sigma \text{пр}} = 2,068 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, світлопрозорої конструкції $R_{\Sigma \text{пр}} = 0,45 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, кровлі $R_{\Sigma \text{пр}} = 2,761 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, дверей $R_{\Sigma \text{пр}} = 0,436 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, підлоги $R_{\Sigma \text{пр}} = 2,242 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

7. Виконано аналіз витрат тепла через огорожувальні конструкції. Встановлено баланс тепловитрат по будівлі, з них найбільша частина втрачається через зовнішні стіни (28,9%), підлогу (34,5%), вікна (10,9%), дах (10%).

4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

За результатами проведених досліджень була зібрана первинна інформація про технічний стан одноповерхового будинку, який розташований за адресою: м. Херсон, вул. Східна, 12, а також статистика енергоспоживання будівлі за останні три роки. 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;
- встановлення рефлекторів між приладами опалення та стіною;
- теплоізоляція зовнішніх стін (застосування в якості утеплювача пінополістерол);
- теплоізоляція кровлі;
- утеплення підлоги.

4.1 Оцінка витрат

Витрати бувають капітальними й експлуатаційними. Капітальними витратами є інвестиції, необхідні для здійснення проєкту, до них ставляться витрати на заміну або модернізацію устаткування, яке зносилося в ході господарської діяльності установи, а також витрати на капітальний ремонт. Аналіз капітальних витрат на реконструкцію відбувається на підставі кошторису (дані проєкту по складу устаткування, обсягу будівельних і

монтажних робіт, прейскуранти цін на встаткування й матеріали, норми й розцінки на будівельні й монтажні роботи й ін.)

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

Таблиця 4.1 Витрати на заміну вікон

Найменування пунктів витрат	Вартість, грн/м ²	Загальна площа, м ²
1. Закупівля матеріалів:		
- Двокамерний склопакет з енергозберігаючим склом Steko S-300	1700,00	21,6
- підвіконня.	120,00	
2. Монтажні роботи	200,00	Сумарна вартість
Сумарна вартість одиниці, Σ =	2020,00	43632,00

- 2) *Заміна дверей (табл. 4.2).*

Таблиця 4.2 Витрати на заміну дверей

Найменування пунктів витрат	Вартість, грн/ м ²	Загальна площа, м ²
1. Закупівля матеріалів:		
-двокамерні металопластикові двері Steko S-600	3250	1,8
2. Монтажні роботи	250,00	Сумарна вартість
Сумарна вартість одиниці, Σ =	3500,00	6300,00

- 3) *Встановлення тепловідштовхуючого екрану між приладами опалення та стіною (табл. 4.3).*

Таблиця 4.3. Витрати на встановлення тепловідштовхуючого екрану

Найменування пунктів витрат	Вартість, грн/м ²	Загальна площа, м ²
1. Закупівля матеріалів:		
- Пінофол ППЕ, однобічне фольгування (5 мм);	12,50	27,3
- Скотч прозорий двосторонній (18 ммх10м) «САМАТ».	25,40	
2. Монтажні роботи	24,00	Сумарна вартість

Сумарна вартість одиниці, $\Sigma =$	55,5	1515,15
--	-------------	----------------

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

Таблиця 4.4 Витрати на теплоізоляцію зовнішніх стін

Найменування пунктів витрат	Вартість, грн/м²	Площа, м²
1. Закупівля матеріалів:		
- Пінополістерол Technoplex 50мм;	75,40	260
- клей «Артисан С-14»;	24,77	
- дюбеля Koelner KI-120/10 м;	8,67	
- сітка ССШ-160;	69	
- ґрунтовка «Артисан №7»;	1,8	
- ґрунтуюча фарба «Артисан №6»		
- шпаклівка «Артисан С-31»;	8,94	
- фасадна фарба «Артисан Ф-8».	10,41	
	7,68	
2. Монтажні роботи	150,00	Сумарна вартість
Сумарна вартість одиниці, $\Sigma =$	356,00	92560,00

5) Теплоізоляція кровлі (табл. 4.5).

Таблиця 4.5 Витрати на теплоізоляцію кровлі

Найменування пунктів витрат	Вартість, грн/м²	Площа, м²
1. Закупівля матеріалів:		
- утеплювач Isover KT 40-TWIN-75;	17,2	120
- клей «Артисан С-14»;	24,77	
2. Монтажні роботи	25,00	Сумарна вартість
Сумарна вартість одиниці, $\Sigma =$	67,00	8040,00

6) Теплоізоляція підлоги (табл. 4.6).

Таблиця 4.6 Витрати на теплоізоляцію підлоги

Найменування пунктів витрат	Вартість, грн/м²	Площа, м²
1. Закупівля матеріалів:		24

- утеплювач пінополіуретан Elastospray LWP 1672/1;	17,2	
- клей «Артисан С-11»;	28,5	
- керамічна плитка	245,5	
2. Монтажні роботи	110,00	Сумарна вартість
Сумарна вартість одиниці, Σ =	401,2	9628,80

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.

Найбільш доцільні заходи:

- утеплення вікон;
- заміна вікон;
- встановлення енергозберігаючих екранів між приладами опалення та стіною;
- утеплення зовнішніх стін пінополістеролом;
- утеплення кровлі;
- утеплення підлоги.

Таблиця 4.7 Економічний ефект від впровадження запропонованих енергозберігаючих заходів.

Енергозберігаючі заходи	Існуюча ситуація: Розрахункова		Після реалізації проєкту: Розрахункова		Економія: Розрахункова	
	Фактична		Фактична		Фактична	
	Кількість Гкал/ тис. м³	грн.	Кількість Гкал/ тис. м³	грн.	Кількість Гкал/ тис. м³	грн.
Заміна вікон на нові (двокамерний енергозберігаючий склопакет)	64(10,3)	31394,24	52(8,4)	25507,7	12(1,9)	5886,54
	15(2,4)	1865,5	11(1,8)	1367,7	4(0,6)	497,8
Заміна дверей	16(2,5)	2857,64	13(1,8)	2321,1	3(0,7)	536,54
	1,5(0,7)	169,8	1,08(0,44)	122,2	0,42(0,25)	47,6
Встановлення тепловідштовхуючого екрану між приладами опалення та стіною	20,9(3,1)	4984,2	15,8(2,5)	3767,8	43(0,6)	1216,4
	10,8(1,7)	2554,2	7,2(1,6)	1702,8	13(0,1)	851,4
Теплоізоляція зовнішніх стін (пінополістеролом)	128(26)	83603,9	108(18)	74205,2	20(8)	9398,7
	35(4,5)	4967,9	24(2,2)	2837,68	11(2,3)	2130,22
Теплоізоляція кровлі	52,2(8,5)	28982,36	41(6,8)	22655,4	11,2(1,7)	6326,96
	21(3,5)	1722,2	16,5(2,7)	1353,6	4,5(0,8)	368,6
Теплоізоляція підлоги	38,4(4,8)	5919,5	24,4(3,1)	3761,9	14(1,7)	2157,6
	22(1,9)	3391,1	18(1,6)	2774,9	4(0,3)	616,2

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.

Енергозберігаючі заходи	Інвестиції для впровадження, грн.	Економія внаслідок впровадження, грн/рік	Строк окупності, років
Заміна старих вікон на нові (однокамерний енергозберігаючий склопакет)(0,72)	43632,00	5886,54	7,4
		497,8	80
Заміна дверей	6300,00	536,54	11
		47,6	90

Встановлення тепловідштовхуючих екранів між приладами опалення та стіною	1515,15	1216,4	1,24
		851,4	1,78
Теплоізоляція зовнішніх стін будинку (застосування в якості утеплювача мінеральної вати)	92560,00	9398,7	9,8
		2130,22	43
Теплоізоляція кровлі	8040,00	6326,96	1,27
		368,6	21
Теплоізоляція підлоги	9628,80	2157,6	4,46
		616,2	15,6

Таблиця 4.9 Проект енергозбереження одноповерхової будівлі № 1

№ п/п	Назва ЕЗЗ	Потрібні інвестиції, грн.	Економія коштів, грн./рік
1.	Заміна старих вікон на нові (двокамерний енергозберігаючий склопакет)	43632,00	5886,54
2.	Заміна дверей	6300,00	536,54
3.	Встановлення тепловідштовхуючих екранів між приладами опалення та стіною	1515,15	1216,4
4.	Теплоізоляція зовнішніх стін будинку	92560,00	9398,7
	Σ=	144007,15	17038,18

Таблиця 4.10 Проект енергозбереження одноповерхової будівлі № 2

№ п/п	Назва ЕЗЗ	Потрібні інвестиції, грн.	Економія коштів, грн./рік
1.	Заміна старих вікон на нові (однокамерний енергозберігаючий склопакет)	43632,00	5886,54
2.	Заміна дверей	6300,00	536,54
3.	Встановлення тепловідштовхуючих екранів між приладами опалення та стіною	1515,15	1216,4
4.	Теплоізоляція кровлі – 100% (внутрішня теплоізоляція, в якості утеплювача базальтове волокно)	8040,00	6326,96

	«Isover» КТ 40-TWIN, товщина 75мм.)		
	Σ=	59487,15	13966,44

Таблиця 4.11 *Проект енергозбереження одноповерхової будівлі №3*

№ п/п	Назва ЕЗЗ	Потрібні інвестиції, грн.	Економія коштів, грн./рік
1.	Заміна старих вікон на нові (двокамерний енергозберігаючий склопакет)	43632,00	5886,54
2.	Теплоізоляція даху – 100% (внутрішня теплоізоляція, в якості утеплювача базальтове волокно «Isover» КТ 40-TWIN, товщина 75мм.)	8040,00	6326,96
3.	Встановлення тепловідштовхуючих екранів між приладами опалення та стіною	1515,15	1216,4
4.	Теплоізоляція підлоги	9628,80	2157,6
	Σ=	62815,95	15587,5

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

Таблиця 4.12 Рентабельність запропонованих проєктів.

№ проєкту	Інвестиції І, 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 ІІ
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	144007,15	17038,18	8,45	11,8	11896,2	11%	1,1

2.	59487,15	13966,44	4,26	6,38	15385,6	18%	1,15
3.	62815,95	15587,5	4,03	5,69	16358,1	19%	1,2

Простий строк окупності (T) капітальних вкладень застосовується для попередньої оцінки енергозберігаючого заходу на стадії його розробки і повинен не перевищувати 5 років. Цій умові відповідають тільки другий та третій проєкти.

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

Чистий дисконтований прибуток ($ДП$), це перевищення доходу над витратами нарастаючим підсумком за розрахунковий період T з обліком дисконтування. Чим більший $ДП$, тим більш економічно цікавим для інвесторів є проєкт. Всі три проєкти є економічно доцільними, найбільші прибуткі інвестори отримують при впровадженні Проєкту 2 та Проєкту 3.

Внутрішня норма прибутковості ($E_{вн}$), 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. При необхідності вибору енергозберігаючого проєкту з декількох запропонованих більш ефективним є проєкт з найбільш високою внутрішньою нормою прибутковості. При виконанні цієї умови найбільш економічно ефективним є Проєкт 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 Проекті 3 (див. табл. 4.13), тому для впровадження пропонується Проект енергозбереження № 3.

Таблиця 4.13 Проект енергозбереження № 3

№ п/п	Назва ЕЗЗ	Потрібні інвестиції, грн.	Економія коштів, грн./рік
1.	Заміна старих вікон на нові (двокамерний енергозберігаючий склопакет)	43632,00	5886,54
2.	Теплоізоляція даху – 100% (внутрішня теплоізоляція, в якості утеплювача базальтове волокно «Isover» КТ 40-TWIN, товщина 75мм.)	8040,00	6326,96
3.	Встановлення тепловідштовхуючих екранів між приладами опалення та стіною	1515,15	1216,4
4.	Теплоізоляція підлоги	9628,80	2157,6
	Σ=	62815,95	15587,5

Рентабельність проекту наведена у таблиці 4.14

Таблиця 4.14 Рентабельність Проекту 3

Параметри рентабельності	Значення
Строк окупності, Т, років	4,03
Диск. строк окупності, Т _д , років	5,69
Чистий дисконт. прибуток, ДП	16358,1
Вн. норма прибутковості E _{вн} , %	19%
Індекс прибутковості П	1,2

4.4 Висновки по розділу 4

1. Визначено основні економічні показники енергозберігаючих заходів по заміні старих вікон, утепленню 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 енергозбереження №3 щодо підвищення ефективності енергоспоживання одноповерховим будинком, економія від якого складає 16358,1 грн./рік при внутрішній нормі прибутковості 19 %.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Заходи з охорони праці при експлуатації котелень. Нормативна база та загальні положення.

Державні будівельні норми України «Котельні» (ДБН В.2.5-77:2014) встановлюють вимоги до проектування котелень (котельних установок) незалежно від їх продуктивності. Ці норми застосовуються при новому будівництві, реконструкції, капітальному ремонті та технічному переоснащенні існуючих котелень з паровими, водогрійними і пароводогрійними котлами. Вони чинні з 01.01.2015 року і замінюють СНиП П-35-76 «Котельные установки».

Проектування котелень має забезпечувати механізацію та автоматизацію технологічних процесів, безпечне й зручне обслуговування обладнання, а також мінімальну протяжність комунікацій. У котельнях застосовуються котли та теплогенератори заводського виготовлення.

Класифікація та обмеження щодо розміщення котелень

Котельні класифікуються за кількома ознаками:

- За призначенням: опалювальні, виробничо-опалювальні, виробничі.
- За планувальним рішенням: окремо розташовані, прибудовані, вбудовані, дахові.
- За надійністю відпуску теплоносія: першої або другої категорії надійності.

Для житлових, громадських та виробничих будівель допускається проектування прибудованих та дахових котелень. Дахові котельні повинні працювати на природному газі, з водогрійними котлами (температура води не вище 115 °C).

Основні обмеження щодо розміщення:

1. Продуктивність прибудованих та дахових котелень для житлових і громадських будівель не повинна перевищувати 5,0 МВт, при цьому одинична потужність котла без барабанів має бути не більше 1,25 МВт.

2. Забороняється встановлення котлів або теплогенераторів на рідкому паливі (температура спалаху парів нижче 61 °С) або на газоподібному паливі у підвальних (підземних) поверхах. Для дахових котелень використовується природний газ.

3. Не допускається розміщення котелень, що безпосередньо примикають зверху або збоку до житлових приміщень квартир.

4. У районах із сейсмічністю 7 балів і більше необхідно передбачати котли та обладнання, конструкція яких розрахована заводом-виробником для встановлення в таких районах.

При проектуванні котелень у приватних будинках, особливо газових, необхідно дотримуватися мінімальних вимог до приміщення:

- Об'єм приміщення: залежить від загальної теплової потужності обладнання, наприклад, для потужності від 60 кВт до 200 кВт об'єм має бути не менше 15,0 м³. Для агрегатів до 30 кВт мінімальний об'єм становить 7,5 м³.

- Висота: Не менше 2,5 м (допускається 2 м при потужності обладнання менше 60 кВт).

- Вентиляція: Повинна бути природна вентиляція, що забезпечує трикратний повітрообмін на годину (витяжка), а приплив має бути в об'ємі витяжки плюс додаткова кількість повітря на горіння газу.

- Освітлення: Необхідна наявність природного освітлення, де площа скління віконних прорізів має бути не менше 0,03 м² на 1 м³ об'єму приміщення. Вікно повинно мати кватирку або фрамугу, що відкривається назовні.

Для приміщень котельного залу вбудованих і дахових котелень при використанні газоподібного чи рідкого палива слід передбачати зовнішні

легкоскидні огорожувальні конструкції, площа яких має становити не менше 0,05 м² на 1 м³ об'єму приміщення.

5.2. Електробезпека та експлуатація електроустановок.

Працівники, які обслуговують електроустановки, повинні мати відповідну групу з електробезпеки.

Для одержання груп II–III працівники мають:

- Чітко усвідомлювати небезпеку, пов'язану з роботою в електроустановках.
- Знати і вміти застосовувати на практиці Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС) та інші правила безпеки в обсязі, потрібному для роботи, яка виконується.
- Знати будову і улаштування електроустановок.
- Вміти практично надавати першу допомогу потерпілим у разі нещасних випадків, включаючи штучне дихання та зовнішній масаж серця.

Працівнику, який пройшов перевірку знань, видається посвідчення, яке він повинен мати при собі під час роботи.

Діелектричні засоби індивідуального захисту (ДЗІЗ) є надійним щитом від електрики, до них належать рукавички, боти та килимки. Наприклад, існують рукавички, випробувані до 10 кВ, та діелектричні боти, випробування яких становить 20 кВ.

У разі ураження електричним струмом необхідно негайно звільнити потерпілого від дії струмопровідних частин обладнання, оскільки судоми м'язів заважають людині самотійно відірватися від провідника. Для звільнення потерпілого можна відключити струм, або використати сухий одяг, палицю, сухі рукавиці чи діелектричні рукавиці.

Надання першої допомоги:

- Якщо потерпілий непритомний, але дихає, його потрібно покласти горизонтально, розстебнути комір і пасок, дати нюхати нашатирний спирт і викликати лікаря.

- Якщо потерпілий не дихає або дихає уривчасто, слід робити штучне дихання і непрямий масаж серця.
- Потерпілого, який оговався, необхідно доставити до лікувального закладу для спостереження, оскільки наслідки можуть проявитися пізніше.

5.3. Організаційно-технічні заходи та розслідування інцидентів.

Наряд-допуск – це розпорядження, складене на спеціальному бланку, яке забезпечує безпечне проведення робіт, визначаючи їх зміст, місце, час, заходи безпеки, склад бригади та відповідальних осіб. Наряд-допуск виписується у двох примірниках.

Відповідальні особи за безпеку робіт за нарядами-допусками: особа, що видає наряд-допуск; відповідальний керівник робіт; відповідальний робітник (спостерігач); допускаючий до роботи; члени бригади.

Вимоги до заповнення наряду-допуску: Записи мають бути розбірливими, забороняється заповнення олівцем та виправлення тексту.

3.2 Розслідування нещасних випадків на виробництві

Розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві регулюється Порядком, затвердженим постановою Кабінету Міністрів України від 25 серпня 2004 р. № 1112.

Випадки, що підлягають розслідуванню: Раптове погіршення стану здоров'я, травма, гостре професійне захворювання/отруєння, тепловий удар, ураження електричним струмом, утоплення, що призвело до втрати працездатності на один робочий день або більше, або до смерті.

Дії у разі нещасного випадку:

1. Потерпілий або свідок повинен негайно повідомити безпосереднього керівника і надати допомогу.
2. Керівник робіт терміново організовує першу медичну допомогу та доставку до закладу.
3. Роботодавець, одержавши повідомлення, зобов'язаний утворити комісію з розслідування (не менше трьох осіб).

4. Строк розслідування становить три доби.

5. Результати розслідування оформлюються актом форми Н-5 та актом форми Н-1 (якщо випадок пов'язаний з виробництвом) або НПВ (якщо не пов'язаний).

Спеціальному розслідуванню підлягають нещасні випадки із смертельними наслідками, групові нещасні випадки (з двома і більше працівниками), випадки смерті працівників на підприємстві, зникнення працівників під час виконання обов'язків, а також випадки з тяжкими наслідками. Спеціальне розслідування проводиться протягом 10 робочих днів

5.4. Висновки по розділу 5.

Представлений розділ, що ґрунтується на нормативних документах, включаючи ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні», Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів та Порядок розслідування нещасних випадків, комплексно охоплює критичні вимоги до безпечного проектування, експлуатації та обслуговування котелень та енергетичного обладнання.

ВИСНОВКИ

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

В роботі проведено дослідження з метою підвищення ефективності енергоспоживання в одноповерховому 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 3 роки.

Визначені значення приведенного опору основних елементів огорожувальних конструкцій (кровлі, 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 одноповерховим будинком, економія від якого складає 15587,5 грн./рік при внутрішній нормі прибутковості 19 %.

Література

1. Дзяна Г.О., Дзяний Р.Б. Енергозбереження як ресурс розвитку для України. Держава і ринок. 2014. С. 90–96.
2. Сайт Європейсько-українського енергетичного агентства. Режим доступу: <http://euea-energyagency.org/uk/>.
3. Бернд Л. Екологічний будинок. Зелена енергетика. № 2(6), 2002. С. 18–20.
4. Дзяна Г.О., Дзяний Р.Б. Соціально-екологічні аспекти реалізації державної політики у сфері енергозбереження України. Монографія. ЛРІДУ НАДУ, 2010. 208 с.
5. Цибулько, А. Новий освітній простір. Енергоефективність. Інформаційний посібник. 2019, 42 с.
6. Бахмисова М.А. Особенности энергоэффективного жилого дома и современных технологий в малоэтажном строительстве // Образование и наука в современных реалиях : материалы II Междунар. науч.–практ. конф. (Чебоксары, 5 нояб. 2017 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.] – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2017. – С. 215-218. – ISBN 978-5-6040208-0-7.
7. Акіншина О. В., Третьякова Л.І., Антоненко О. М. Енергоаудит у системі енергоменеджменту підприємства. URL : <http://ena.lp.edu.ua:8080/bitstream/ntb/15998/1/2-Akinshyna-4-10.pdf> (дата звернення 06.11.2020)
8. Енергетична стратегія України до 2030 року. URL : <http://zakon.nau.ua/doc>. (дата звернення 14.11.2021)
9. Сотник І.М. Управління ресурсозбереженням: соціо-еколого економічні аспекти. Суми : Вид-во СумДУ, 2010. 499 с.
10. Правил пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. Наказ від 6.09.2018 № 491. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України

29 березня 2019 р. за № 328/33299

11. Галузева програма енергоефективності та енергозбереження в житлово-комунальному господарстві на 2010–2014 рр.: затверджена наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 10 листопада 2009 р. № 352 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tc.nusta.com.ua/dkpku/dgerela/244.htm>

12. Державні будівельні норми України. Теплова ізоляція будівель. ДБН В.2.6-31:2016 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gazobeton.org/sites/default/files/sites/all/uploads/DBN-V.2.6-31-2016-Teplova-izolyatsiya-budivel.pdf>

13. Галузева програма підвищення енергоефективності у будівництві на 2010–2014 роки: затверджена наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 30 червня 2009 р. № 257 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tc.nusta.com.ua/dkpku/dgerela/246.htm>

14. ДСТУ 2420-94. Енергозбереження. Терміни та визначення. К. Держстандарт України, 1994. – 19 с.

15. ДСТУ 3682-98. (ГОСТ 30583-98) Енергозбереження. Методика визначення повної енергоємності продукції, робіт та послуг. – К. : Держстандарт України, 1999. – 11 с.

16. ДСТУ 3755-98 Енергозбереження. Номенклатура показників енергоефективності та порядок їх внесення у нормативну документацію. – К. : Держстандарт України, 1999. – 13 с.

17. ДСТУ 4065-2001. Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги (ANSI/IEEE 739:1995, NEQ). – К. : Держстандарт України, 2002. – 43 с.

18. ДСТУ 4110-2002. Енергоощадність. Методика аналізу та розрахування питомих витрат енергоресурсів (ANSI/IEEE 739:1995, NEQ)/ – К. : Держспоживстандарт України, 2003. – 33 с.

19. ДСТУ 4472-2005. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Загальні вимоги. – К. : Держспоживстандарт України, 2006. – 22с

20. Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Газопостачання. ДБН В.2.5-20-2001 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dbn.at.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-360>

21. Державні будівельні норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. ДБН В.2.5-39:2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dbn.at.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-204>

22. Державні будівельні норми України. Опалення, вентиляція та кондиціонування. ДБН В.2.5-67:2013 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://minregion.gov.ua/attachments/files/bydivnitstvo/texnichne-regulyuvannya/normuvannya/DBN/2014/DBN_V.2.5-67_2013.pdf

23. Про заходи з модернізації систем теплопостачання Постанова Кабінету Міністрів України від 20.05.2009 р. № 682 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/682-2009-п>

24. Про заходи щодо ефективного використання газу та інших паливно енергетичних ресурсів в народному господарстві: Постанова Кабінету Міністрів України від 02.09.1993 р. № 699 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/699-93-%D0%BF>

25. Про заходи щодо поетапного впровадження в Україні вимог директив

26. Європейського Союзу, санітарних, екологічних, ветеринарних, фітосанітарних норм та міжнародних і європейських стандартів: Постанова Кабінету Міністрів України від 19.03.1997 р. № 244 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/244-97-%D0%BF>

27. Про заходи щодо реконструкції житлових будинків перших масових серій: Постанова Кабінету Міністрів України від 14.05.1999 р. № 820 [Електронний

ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/820-99-%D0%BF>

28. Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу: Закон України від 05.04.2005 р. № 2509-IV [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2509-15>

29. Про комплексну державну програму енергозбереження України: Постанова Кабінету Міністрів України від 05.02.1997 р. № 148 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/148-97-%D0%BF>

30. Про Концепцію діяльності органів виконавчої влади у забезпеченні енергетичної безпеки України: Постанова Кабінету Міністрів України від 19.01.1998 р. № 48 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/48-98-%D0%BF>

31. Про метрологію та метрологічну діяльність: Закон України від 11.02.1998р. № 113/98ВР [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/113/98-вр>

32. Про невідкладні заходи щодо забезпечення ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів: Указ Президента України від 28.02.2008 р. № 174/2008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon1.rada.gov.ua/laws/show/174/2008>

33. Про оснащення житлового фонду засобами обліку та регулювання споживання води і теплової енергії: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 11.06.2008 р. № 838-р [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/838-2008-%D1%80>

34. Кодекс цивільного захисту України від 2 жовтня 2012 № 5403-VI // Відомості Верховної Ради України. - 2013. № 34-35.

35. Наказ МВС України від 30 грудня 2014р. №1417, зареєстрований в Мін'юсті України 4 березня 2015року №252/26697 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні», із змінами 2017 року

36. ДБН Б.2.2-12:2018 «Планування і забудова територій».
37. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».
38. ДБН В.2.5-74:2013 "Зовнішні мережі і споруди. Водопостачання".
39. НПАОП 40.1-1.32-01 "Правилами будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок".
40. Konovalov, D., Kobalava, H., Radchenko, M., Karpoff, M., Shapovalov, Y. (2024). Energy Efficiency of Combined Heating Systems Based on Heat Pumps for Private Residential Buildings Under the Climatic Conditions of Ukraine. In: Tonkonogyi, V., Ivanov, V., Trojanowska, J., Oborskyi, G., Pavlenko, I. (eds) Advanced Manufacturing Processes V. InterPartner 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-42778-7_49.