

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

«Аналіз ефективності природоохоронних енергоощадних технологій в сфері теплозабезпечення приватних будинків»

Виконала: студентка 4 курсу, групи ЕКО-216
спеціальності 101 – Екологія

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Кобець М.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., проф., професор каф. ЕХТЗД

Полив'янчук А.П.

(прізвище та ініціали)

«10» серпня 2025 р.

Рецензент: к.х.н., доц., доцент каф. ЕХТЗД

Тітов Т.С.

(прізвище та ініціали)

«10» серпня 2025 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ЕХТЗД

«10» серпня 2025 р.

Вінниця ВНТУ – 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Галузь знань 10 – Природничі науки
Спеціальність 101 – «Екологія»
Освітньо-професійна програма – Екологічна безпека та моніторинг довкілля

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕХТЗД
к.т.н., професор В.А. Іщенко
(підпис)
« 25 » березня 2025 р.

ЗАВДАННЯ
на бакалаврську кваліфікаційну роботу студенту

Кобець Марія Павлівна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИРОДООХОРОННИХ ЕНЕРГООЩАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В СФЕРІ ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРИВАТНИХ БУДИНКІВ»

керівник роботи Полив'янчук Андрій Павлович, д.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по ВНТУ від « 20 » березня 2025 року № 97

2. Термін подання студентом роботи « 10 » червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи:

1. Результати аналізу літературних джерел за темою досліджень.
2. Робочі матеріали, зібрані під час проходження переддипломної практики.
3. Вихідні дані для розрахунку ефективності заходів з енергозбереження приватних будинків: термомодернізація огорожувальних конструкцій, «розумне» опалення, тепловий насос.

4. Зміст текстової частини

1. Систематизація та аналіз технологій енергомодернізації приватних будинків.
2. Комплексна оцінка енерго-екологічної ефективності заходів з енергозбереження в будівлях.
3. Дослідження ефективності впровадження інноваційних технологій енергомодернізації приватного будинка.
4. Перспективні технології підвищення енергоефективності індивідуальних житлових будинків.

5. Перелік ілюстративного матеріалу

1. Принцип дії системи «розумного» опалення.
2. Схема комплексної оцінки ефективності енергозберігаючих заходів.
3. Загальний вигляд об'єкту досліджень – типового приватного будинку.
4. Втрати теплової енергії через огорожувальні конструкції приватного будинку.
5. Оцінка енергетичної ефективності термомодернізації огорожувальних конструкцій приватного будинка.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання « 25 » березня 2025 р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1.	Систематизація та аналіз технологій енергомодернізації приватних будинків	25.03.2025	07.04.2025	викон
2.	Комплексна оцінка енерго-екологічної ефективності заходів з енергозбереження в будівлях	07.04.2025	27.04.2025	викон
3.	Дослідження ефективності впровадження інноваційних технологій енергомодернізації приватного будинка	27.04.2025	12.05.2025	викон
4.	Дослідження ефективності реалізації комплексу енергоощадних технологій на обраному об'єкті	12.05.2025	26.05.2025	викон
5.	Перспективні технології підвищення енергоефективності індивідуальних житлових будинків	26.05.2025	05.06.2025	викон
6.	Підготовка висновків, додатків і переліку літератури. Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	05.06.2025	10.06.2025	викон

Студент

Мобель
(підпис)

Кобець М.П.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

[підпис]
(підпис)

Полив'янчук А.П.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська робота складається з 59 сторінки формату А4, на яких є:

27 рисунків, 13 таблиць, список використаних джерел містить 19 найменувань.

Метою роботи є зменшення негативного впливу систем теплозабезпечення приватних будинків на навколишнє середовище за рахунок впровадження інноваційних енергоощадних технологій.

В бакалаврська кваліфікаційній роботі вирішені такі завдання: аналіз традиційних та інноваційних енергозберігаючих технологій в сфері теплопостачання приватних будівель, сутності технологій альтернативного і «розумного» опалення; розробка математичної моделі для багатокритеріальної оцінки ефективності енергозберігаючих технологій; вибір натурного об'єкта приватного будинку для проведення досліджень і аналіз його технічного та еколого – енергетичного стану; проведення порівняльної оцінки ефективності технологій утеплення будівлі та використання альтернативного і «розумного» опалення; оцінка перспектив вдосконалення енергоощадних технологій рекомендованих до впровадження в приватних будинках.

Ключові слова: теплопостачання, приватний будинок, екологічні проблеми, енергоефективність, альтернативна енергетика.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 59 pages of A4 format, which contain:
27 figures, 13 tables, the list of sources used contains 19 names.

The aim of the work is to reduce the negative impact of heating systems of private houses on the environment through the introduction of innovative energy-saving technologies.

The following tasks were solved in the bachelor's qualification work: analysis of traditional and innovative energy-saving technologies in the field of heat supply of private buildings, the essence of alternative and "smart" heating technologies; development of a mathematical model for multi-criteria assessment of the effectiveness of energy-saving technologies; selection and full-scale object of a private house for research and analysis of its technical and environmental - energy condition; conducting a comparative assessment of the effectiveness of building insulation technologies and the use of alternative and "smart" heating; assessment of the prospects for improving energy-saving technologies recommended for implementation in private houses.

Keywords: heat supply, private house, environmental problems, energy efficiency, alternative energy.

ВІДГУК

наукового керівника на бакалаврську кваліфікаційну роботу Кобець М.П.
на тему: «Аналіз ефективності природоохоронних енергоощадних технологій в
сфері теплозабезпечення приватних будинків»

Бакалаврська робота Кобець М.П. присвячена актуальній екологічній
проблемі – неефективному використанню теплової енергії системами
теплозабезпечення приватних будинків та пов'язаним з цим екологічним
наслідком. Актуальність теми обумовлена значними обсягами викидів
шкідливих речовин системами тепlopостачання приватних будинків та
пов'язаними з цим екологічними проблемами.

У процесі виконання кваліфікаційної роботи студенткою проведено аналіз
традиційних та інноваційних енергозберігаючих технологій в сфері
тепlopостачання приватних будівель, обрано натурний об'єкт приватного
будинку для проведення досліджень та проведено порівняльну оцінку
ефективності технологій утеплення будівлі та використання альтернативного і
«чистого» опалення. Оцінено перспективи вдосконалення енергоощадних
технологій рекомендованих до впровадження в приватних будинках.

Робота має чітку структуру, логічну послідовність викладення матеріалу та
аргументовані висновки. Всі розрахунки та аналітичні дослідження виконані
коректно. Пояснювальна записка оформлена відповідно до вимог державних
стандартів.

Під час виконання роботи студентка Кобець М.П. продемонструвала
високий рівень самостійності, аналітичного мислення, здатність працювати з
великою літературою, володіє навичками дослідження екологічних процесів і
використовує сучасні інформаційні технології.

Робота у цілому виконана на високому рівні і заслуговує оцінку «добре».

Науковий керівник,

д.т.н., професор каф. ЕХТЗД



Андрій ПОЛИВ'ЯНЧУК

РЕЦЕНЗІЯ

на бакалаврську кваліфікаційну роботу студентки денної форми навчання
4 курсу із спеціальності 101 “Екологія” Кобець Марії Павлівни на тему «Аналіз
ефективності природоохоронних енергоощадних технологій в сфері
теплозабезпечення приватних будинків»

Бакалаврська кваліфікаційної робота виконана згідно завдання, відповідає темі, містить 5 листів ілюстративного матеріалу і пояснювальну записку на 59 сторінках.

1. Актуальність теми, наявність замовлення роботи підприємством, організацією
Тема досліджень має високу актуальність, присвячена розв’язанню важливої екологічної проблеми усунення екологічних наслідків від неефективного використання теплової енергії системами теплозабезпечення приватних будинків.

2. Достатність вихідних даних, наявність обґрунтування вироблених рекомендацій

Вихідні дані – результати аналізу літературних джерел за темою досліджень, а також результати проходження переддипломної практики є достатніми для виконання поставлених задач.

3. Наявність багатоваріантного аналізу проектних рішень в основному розділі, спрямованого на пошук оптимального рішення з урахуванням останніх досягнень науки і техніки, техніко-економічного обґрунтування оптимального варіанту. Застосування варіантних підходів при вирішенні решти проектних рішень

Проведено комплексний аналіз традиційних та інноваційних енергозберігаючих технологій в сфері теплопостачання приватних будинків та проведено дослідження на реальному об’єкті – типовій приватній будівлі.

4. Глибина обґрунтування прийнятих рішень, ступінь врахування факторів безпеки життєдіяльності тощо

Глибина обґрунтування прийнятих рішень є достатньою і базується на використанні достовірних вихідних даних і відомих методів наукових досліджень.

5. Рівень опрацювання основного рішення (аналіз, технічні розрахунки тощо), достатність глибини пророблення основного рішення для використання на практиці

Рівень опрацювання та глибина пророблення основного рішення є достатніми і базуються на результатах аналізу літературних джерел за досліджуваною темою та результатах власних розрахункових досліджень.

6. Науковий рівень (для робіт дослідницького характеру) та глибина експериментальних досліджень

Глибина досліджень негативного впливу систем теплопостачання приватних будинків на навколишнє середовище та перспектив розвитку енергозберігаючих технологій є достатньою.

7. Застосування комп'ютера для вирішення задач основної частини роботи (оптимізація, моделювання, САПР, СУБД, ГІС, технічні розрахунки складних систем та ін.), обґрунтування вибору конфігурації комп'ютера, застосування стандартних та оригінальних програм, наявність аналізу результатів та їх використання у роботі

При створенні текстової та графічної частин роботи було використано MS Excel, Mathcad.

8. Наявність у пояснювальній записці обґрунтування усіх проектних рішень, стиль її написання (обґрунтований чи описовий), відповідність оформлення до вимог діючих стандартів

Пояснювальна записка оформлена відповідно до діючих стандартів, рішення та рекомендації подані обґрунтовано.

9. Повнота відображення графічних матеріалів основного змісту кваліфікаційної роботи, відповідність графічних матеріалів конкретному об'єкту дослідження, вимогам діючих стандартів

Графічна частина відповідає змісту роботи та вимогам діючих стандартів.

10. Практична цінність роботи, можливість її реалізації

Результати роботи мають практичну цінність і містять рекомендації щодо підвищення енергоефективності приватних будинків та зменшення рівнів забруднення довкілля цими об'єктами.

11. У бакалаврській кваліфікаційній роботі можна відзначити такі недоліки

У тесті пояснювальної записки зустрічаються незначні орфографічні помилки.

Бакалаврська кваліфікаційна робота в цілому виконана на високому рівні і заслуговує на оцінку "добре".

Рецензент

к.х.н., доцент



Тітов Т.С.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЕНЕРГОМОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИВАТНИХ БУДИНКІВ.....	5
1.1 Традиційні технології енергомодернізації приватних будинків.....	5
1.2 Технології альтернативної енергетики.....	7
1.3 Технологія «розумна» система опалення будівлі	11
2 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕНЕРГО-ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВЛЯХ.....	16
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЕНЕРГОМОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИВАТНОГО БУДИНКА.....	22
3.1 Вибір та аналіз досліджуваного об'єкту – типового приватного будинку.....	22
3.2 Дослідження ефективності реалізації комплексу енергоощадних технологій на обраному об'єкті	29
3.3 Багатокритеріальна оцінка ефективності впровадження системи «розумного» опалення на натурному об'єкті.....	36
4 ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ.....	42
ВИСНОВКИ.....	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	53
ДОДАТОК А.....	56
ДОДАТОК Б.....	57

ВСТУП

Сучасна Україна має достатній потенціал з виробництва енергії, але значна його частина складається із несучасного та технологічно застарілого обладнання та витратних матеріалів. Це загострює низку проблем у житлово-комунальному секторі, що негативно впливає на рівень енергетичної та екологічної безпеки країни та якість життя мешканців. Майже кожен мешканець України незадоволений якістю послуг з опалення та гарячого водопостачання, що надаються комунальними підприємствами, та зростанням цін на електроенергію. Тому вони активно прагнуть вирішити проблему комфортних умов проживання у своїх будинках та знайти альтернативні рішення для опалення. Як наслідок, зросла соціальна напруженість, збільшилася кількість заборгованості за послуги, а прибутковість теплоенергетичних підприємств знизилася. Неефективна робота всіх ланок системи опалення також загостила проблеми забруднення навколишнього середовища та зміни клімату: в енергетичному плані – низька ефективність спалювання органічного палива; в плані транспортування теплоносія – серйозні втрати енергії; в плані опалення будівель – високі витрати на опалення через низьку енергоефективність. Через брак потужностей з виробництва природного газу та обмежені національні фінансові можливості поглиблюється залежність України від зовнішніх постачальників ресурсів в енергетичному та фінансовому плані. Жителі України споживають майже вдвічі більше енергії на квадратний метр землі, ніж мешканці країн ЄС з аналогічними кліматичними умовами. Неефективність житлового сектору є результатом відсутності практичних заходів реформування протягом останніх років, включаючи встановлення лічильників споживання енергії та формування ефективної цінової політики на електроенергію. Питання модернізації теплоенергетики стосується основних напрямків національної енергетичної політики України. У зв'язку з цим надзвичайно важливим є вивчення зарубіжного досвіду міського теплопостачання в країнах з різними кліматичними умовами.

Проблема, що розглядається у роботі: неефективне використання теплової енергії системами теплозабезпечення приватних будинків та пов'язаним з цим екологічним наслідком. Актуальність теми обумовлена значними обсягами викидів забруднюючих речовин системами теплопостачання приватних будинків та пов'язаними з цим екологічними проблемами.

Об'єктом дослідження є процеси теплопостачання та теплоспоживання приватних будинків.

Предмет дослідження: традиційні та інноваційні технології підвищення енерго-екологічної ефективності приватних будинків.

Мета роботи: зменшення негативного впливу систем теплозабезпечення приватних будинків на навколишнє середовище за рахунок впровадження інноваційних енергоощадних технологій.

У ході виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи поставлено та вирішено наступні завдання:

- 1) систематизація та аналіз технологій енергомодернізації приватних будинків;
- 2) комплексна оцінка енерго-екологічної ефективності заходів з енергозбереження в будівлях;
- 3) дослідження ефективності впровадження інноваційних технологій енергомодернізації приватного будинка;
- 4) перспективні технології підвищення енергоефективності індивідуальних житлових будинків.

Нижче викладено результати послідовного вирішення цих завдань.

1 СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЕНЕРГОМОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИВАТНИХ БУДИНКІВ

1.1 Традиційні технології енергомодернізації приватних будинків

Енергетика є основою промислового розвитку та визначає прогрес суспільного виробництва. Однак сьогодні енергетика є одним із джерел небезпечного впливу на навколишнє середовище та людину.

У світовому масштабі теплова енергія є домінуючим видом традиційної енергії: 46% електроенергії у світі виробляється з вугілля, 18% – з природного газу, близько 3% – зі спалювання біомаси та 0,2% – з нафти. Загалом на теплові електростанції припадає близько двох третин загального виробництва електроенергії всіма електростанціями світу. За даними Європейської асоціації виробництва електроенергії та тепла, до 2030 року щорічні темпи зростання виробництва енергії в країнах ЄС досягнуть 1,3%, а щорічні темпи зростання виробництва енергії в інших країнах – 2,5% [1].

Традиційна енергетика включає: гідроенергію, яка перетворюється на корисну енергію гідроелектростанціями встановленою потужністю понад 30 мегават; енергію біомаси, яка отримує тепло за допомогою традиційних методів спалювання (дрова, торф та деякі інші види палива); геотермальну енергію.

Утеплення зовнішньої стінової конструкції здійснюється зсередини назовні.

Найпоширеніші типи утеплення такі:

- пінополістирол (також відомий як пінопласт);
- мінеральна вата;
- базальтовий матеріал;
- бінополіуретан;
- рідке утеплення;
- екструдований пінополістирол (Peseroplex).

Кожен варіант має свої переваги та недоліки. Однак, укладання утеплювача збоку приміщення значно зменшує об'єм приміщення, що може негативно позначитися, якщо утеплювач не підібраний та неналежним чином встановлений. У цьому випадку зовнішня стіна не зможе захистити від холоду, а волога буде безперешкодно проникати в стіну, спричиняючи надмірне зволоження та ріст грибків.

Поверхні, утеплені зсередини, мають менший термін служби, тому така схема утеплення стіни менш прийнятна, ніж утеплення ззовні. На рисунку 1.1 показано приклад розрізу утеплення огорожувальної конструкції. Забезпечуючи високі теплоізоляційні показники, можна вибрати відповідний утеплювальний матеріал, вибір якого слід здійснювати виходячи з характеристик об'єкта, матеріалу, з якого виготовлена поверхня утеплення, бажаного ефекту та інших важливих деталей. Але характеристики ізоляційного матеріалу є головними критеріями вибору.

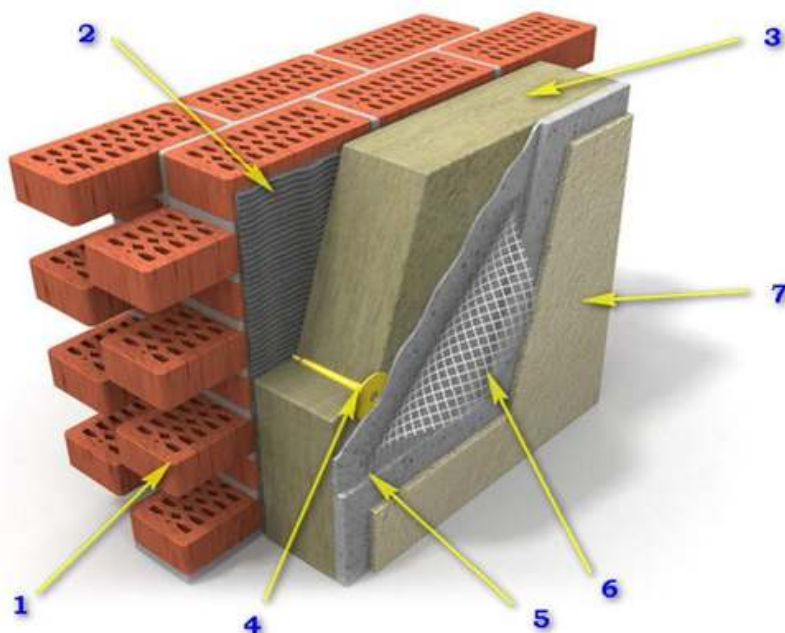


Рисунок 1.1 – Технологія термомодернізації огорожувальних конструкцій будинку: 1 – ґрунтовка; 2, 5 – спеціальні клейові суміші; 3 – теплоізоляційна плита; 4 – дюбель; 6 - армуюча склосітка; 7 – водно-дисперсійна ґрунтовка.

Сьогодні найдоступнішим і поширеним паливом, яке використовує людство, є природний газ, але він доступний не скрізь, а витрати на підключення високі. Тому власники приватних будинків звертаються до інших видів палива.

Для сіл найдешевшим і найдоступнішим традиційним паливом є дрова. Але цей спосіб опалення не дуже зручний. Дрова необхідно зберігати в окремому сухому приміщенні. Їх потрібно часто підкидати в піч або котел, а також регулярно чистити та виймати з попелу.

Опалювати будинок за допомогою твердопаливного котла дуже зручно. Він поглинає зовсім інші матеріали: пелети, вугілля, торф, деревину та відходи деревообробної промисловості. Паливо потрібно додавати в котел кожні кілька днів, а котел чистити щосезону. Перевагою такого способу опалення є швидка окупність під час експлуатації. Недоліком твердопаливного котла є просто необхідність окремого приміщення для його розміщення, а також тривалий час, необхідний для його спеціального облаштування.

1.2 Технології альтернативної енергетики

Альтернативна енергетика – це метод, пристрій або апарат для виробництва електроенергії (або іншої необхідної енергії) та заміни традиційних джерел енергії за допомогою нафти, газу та вугілля. Метою вивчення альтернативної енергетики є отримання енергії з відновлюваних або майже невичерпних природних ресурсів та явищ.

Альтернативна енергетика, або іноді її називають відновлюваною енергією, включає сонячну, вітрову, геотермальну, припливну, хвильову, біомасову, біотехнології з використанням перепадів температур у глибинах океану та інші нові відновлювані джерела енергії.

Альтернативне опалення приватних будинків стає актуальним питанням, оскільки енергетичні компанії пропонують на ринок енергоносії за зростаючими цінами. Власники будинків змушені шукати найбільш підходяще

рішення для опалення, яке може базуватися на використанні твердопаливних котлів, сонячних теплових колекторів або теплових насосів різних конструкцій.

Сучасний ринок джерел тепла – це досить розвинений механізм взаємодії між покупцями, продавцями обладнання та проектувальниками. Основою цього ринку є:

- котельне обладнання, що використовує тверде або рідке паливо, а також біопаливо;
- теплові насоси, що використовують геотермальну енергію, енергію води або енергію повітря;
- сонячні теплові колектори;
- інфрачервоні опалювальні прилади;
- пристрої «тепла підлога».

Ще одним ефективним способом отримання теплової енергії є використання теплових насосів. Влітку теплові насоси можна використовувати як кондиціонери; взимку теплові насоси можуть «збирати» тепло з землі, води або повітря. Однак повністю відмовитися від традиційних котлів і перейти на теплові насоси все ще досить складно через високі витрати на встановлення та низьку ефективність систем теплових насосів.

З усіх альтернативних джерел тепла найефективнішими є сонячні теплові колектори, які зазвичай встановлюються на даху, що також призвело до проривів. Сучасні сонячні теплові колектори можуть нагрівати воду навіть у похмурі дні та при мінусовій температурі. Однак, щоб максимізувати їхню ефективність, сонячні теплові колектори необхідно експлуатувати в районах з великою кількістю сонячного світла протягом усього року.

До альтернативних джерел енергії належать інфрачервоні джерела опалення. Інфрачервоні обігрівачі – це спеціальні плівки, що використовуються для встановлення «теплої підлоги», а також є невеликими побутовими обігрівачами.

Існують різні варіанти придбання різних сучасних пристроїв для отримання тепла або електроенергії з навколишнього середовища. Ми детальніше опишемо ці пристрої нижче.

До найпопулярніших варіантів обладнання цього типу належать (рис. 1.2):

- сонячні панелі;
- сонячні теплові колектори;
- вітрові турбіни;
- теплові насоси;
- генератори біогазу.



Рисунок 1.2 – Перетворення сонячної енергії на теплову та електричну

Наукові розробки постійно розвиваються, і з'являються більш економічні та ефективні моделі обладнання для альтернативної енергетики. Вибір правильного рішення має вирішальне значення, але так само важливо і його правильне встановлення. Загальновідомо, що сонячні панелі генерують більше електроенергії влітку, тоді як вітрові турбіни генерують більше взимку. Поєднання цих двох пристроїв дозволяє мати достатню самодостатню електроенергію цілий рік. Інші пристрої можна комбінувати подібним чином. Конденсаційні котли не можна повністю класифікувати як альтернативні джерела тепла, навпаки, вони працюють на газі. Але у них є одна спільна риса – вони ефективніші, до 109%. Ми всі дізналися зі школи, що ККД не може

перевищувати 100%. Але суть тут у тому, що розрахунок ККД звичайного котла враховує тепло, що виділяється внизу полум'я. Якщо ми розрахуємо ККД звичайного газового котла [2], він становить близько 92% (хороший показник для звичайного котла), але як тільки ми підставимо дані для конденсаційного котла у формулу, ККД досягне близько 109%. Це полегшує порівняння конденсаційного та звичайного обладнання. Ці показники досягаються за рахунок додаткового використання енергії від конденсації вихлопних газів. Якщо система опалення правильно спроектована та обрана, використання такого котла може заощадити 25% енергії протягом опалювального сезону.

Теплові насоси (рис. 1.3) використовують як джерело тепла енергію навколишнього середовища: тепло землі, вуличне повітря, геотермальну воду. Кожен тепловий насос споживає 1 кВт вуличного повітря. Існують також теплові насоси повітря-вода, призначені для передачі тепла за допомогою теплоносія до котлів опалення, радіаторів та підлогового опалення.



Рисунок 1.3 – Опалення будівлі ґрунтовим тепловим насосом

Другий тип теплового насоса – це геотермальний тепловий насос (рис. 1.4). Основна відмінність полягає в тому, що вони використовують тепло ґрунту та ґрунтових вод нижче точки замерзання. Перевага цієї системи полягає в тому, що на неї не впливає температура повітря, оскільки температура ґрунту завжди приблизно однакова.

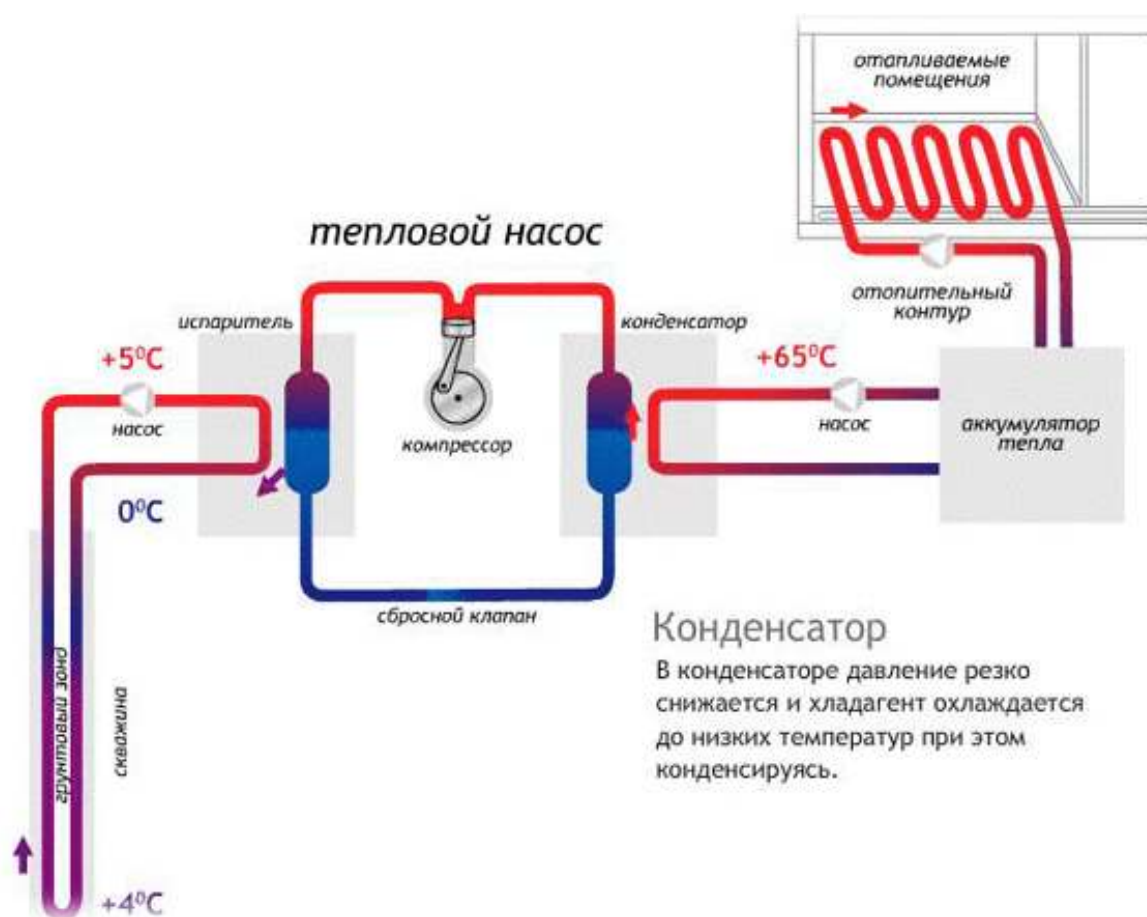


Рисунок 1.4 – Принцип дії геотермального теплового насосу

1.3 Технологія «розумна» система опалення будівлі

Концепцію «розумного дому» можна застосовувати не лише до приватних будинків, заміських будинків, а й до квартир, офісів, гаражів тощо; ця концепція стосується будь-якого місця, яке потребує опалення. Іншими словами, «розумний дім» – погодозалежна система опалення – це практична, економічна та ефективна система опалення для будь-якого місця.

Більшість домовласників не встановлюють та не збирають систему опалення самотійно (рис. 1.5). Зазвичай котел, водяний насос та інше опалювальне обладнання розташовані в підвалі або в котельні, спеціально призначеній для цієї мети.



Рисунок 1.5 – Автоматика «розумні» системи опалення

Незалежно від ефективності котла, для забезпечення справді комфортних умов у будинку потрібне контрольоване опалювальне обладнання, яке може реагувати на зміни температури в приміщенні.

На відміну від ручного керування та налаштувань, системи розумного дому автоматично регулюють температуру в приміщеннях відповідно до попередньо встановлених параметрів кривої опалення (рис. 1.6), тому втручання людини не потрібне.

Оскільки витрати на опалення становлять значну частину експлуатаційних витрат будинку, рівень споживання енергії та витрати на енергію необхідно максимально оптимізувати. За допомогою дистанційного керування власник може заздалегідь встановити бажану температуру.

Водночас система досягає найнижчого енергоспоживання. Витрати на обладнання та монтаж відносно низькі. Більше того, монтаж у існуючі системи не становить труднощів для досвідчених майстрів. Розумна система опалення складається з таких компонентів:

- термостатичні головки та термостатичні клапани;
- датчики температури;
- термостати;
- радіатори та програматори.



Рисунок 1.6 – Автоматичне регулювання температури у приміщеннях

Спеціальні модулі, що входять до комплекту запірного клапана, регулюючого клапана та програматора, дозволяють дистанційно керувати тепломережею (рис. 1.7).

Система сама регулює температуру опалення на основі показань спеціальних датчиків у приміщенні. Це рішення особливо підходить для сільських будинків. Найкращим рішенням є регулювання температури теплоносія в системі опалення.

Для оцінки комфортного рівня опалення в «розумному будинку» [3] систему опалення можна налаштувати таким чином, щоб температура в будинку мала локальні характеристики. Іншими словами, у певних зонах її можна регулювати відповідно до заданих значень зовнішніх датчиків. Якщо в одній з кімнат багато людей і кімнату потрібно обігріти з реальної причини, система може розрахувати підвищення температури в цій зоні, порівняти його з температурою, встановленою на погодному контролері, а потім розподілити тепло по всьому будинку, щоб скоригувати показники для цієї кімнати (рис. 1.8). SMART – будинок з кожним роком стає все більш популярним на ринку. Нижче наведено аналіз ринку «розумних будинків» в Україні (рис. 1.9).

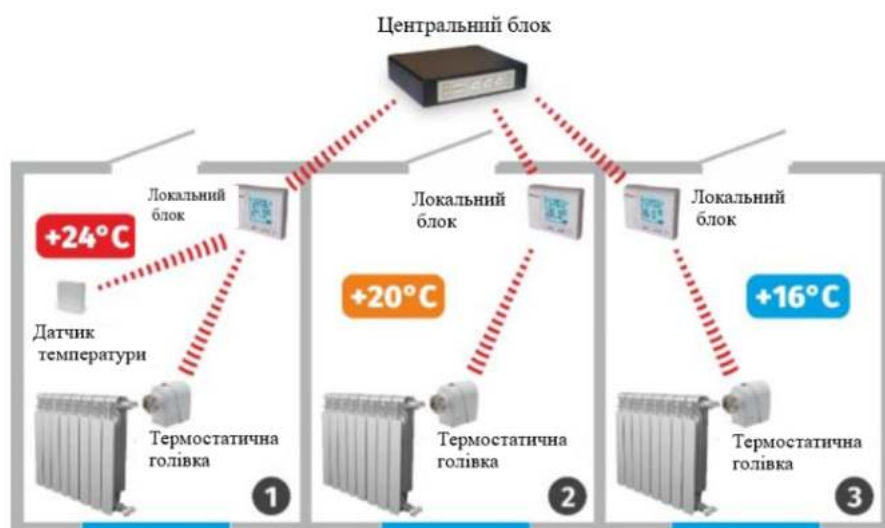


Рисунок 1.7 – Принцип дії системи «розумного» опалення



Рисунок 1.8 – SMART- управління роботою системи опалення

Як видно на рисунку 1.9, попит на розумні будинки в Україні зріс на 21,6% у 2020 році. Недоліками опалення «розумного будинку» вважаються високі ціни (особливо блоків керування) та складний монтаж. Розумне опалення дороге, а витрати на монтаж високі – це основні недоліки. Це призводить до інших недоліків системи: високі витрати на обслуговування, складність підключення та заміни додаткових компонентів. Але система має й позитивні сторони – відносно короткий термін окупності інвестицій у систему та зниження грошових витрат на опалення.

РИНОК РОЗУМНИХ БУДИНКІВ

Географія поставок в Україну в 2019-2020 году



Рисунок 1.9 – Аналіз ринку постачання «розумних будинків» в Україні

Окрім самої системи опалення (включаючи радіатори, котли, клапани та насоси), комплекс «розумного дому» повинен також включати різні елементи керування. GSM-контролери є найпоширенішими та потребують наступних компонентів:

- датчики температури – зазвичай використовується не більше 2-3, залежно від типу контролера та його функцій;
- модуль з GSM-модулем або протоколом Ethernet для керування опаленням через Інтернет;
- антена для прийому GSM-сигналів, адаптер Ethernet або Wi-Fi для взаємодії з іншими пристроями системи «розумного дому»;
- датчик протікання – забезпечує безпечну роботу навіть при вимкненому управлінні;
- сканер електронних ключів або інший пристрій контролю доступу;
- батарейки для автономної роботи всіх компонентів системи;
- кабелі підключення та живлення;
- панель керування котлом. Ці пристрої є стандартними в системі опалення GSM «розумного дому», яка підключається через котел та модулі.

2 КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕНЕРГО-ЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВЛЯХ

Математична модель комплексної оцінки ефектів від енергозберігаючих заходів має на меті розрахунок критеріїв, що характеризують енергетичну, екологічну та економічну ефективність.

У цьому випадку *енергоефективність* оцінюється за тепловою енергією, спожитою на опалення досліджуваного об'єкта (приватного будинку) протягом опалювального сезону.

Екологічна ефективність оцінюється за такими показниками:

- зменшення споживання природного газу після впровадження енергозберігаючих заходів;
- зменшення викидів парникових газів та забруднюючих речовин від обладнання для виробництва енергії.

Економічна ефективність оцінюється шляхом зниження витрат на опалення та природний газ шляхом впровадження енергозберігаючих технологій. Комплексна модель містить три математичні моделі для оцінки енергетичної, екологічної та економічної ефективності енергозберігаючих заходів.

Запропонований підхід можна представити у вигляді таблиці 2.1 та діаграми (рис. 2.1).

Оцінка енергоефективності енергозберігаючих заходів. Енергоефективність оцінюється за тепловою енергією, спожитою на опалення природних об'єктів протягом опалювального сезону.

Вибираючи опалювальний прилад, необхідно спочатку розрахувати теплоспоживання приватного будинку, бажано за кілька (3-5) опалювальних сезонів. Втрати тепла в основному здійснюються через стіни, вікна, дахи та перекриття на першому поверсі (рис. 2.2).

Таблиця 2.1 – Методологія оцінки ефективності заходів з енергозбереження в приватних будинках

Оцінка енергоефективності	<i>відносне зниження витрат на теплову енергію для опалення</i>	$\delta Q = (1 - y_{\text{пов}}) \times \frac{t_{\text{в}}^{\text{пов}} - t_{\text{в}}^{\text{част}}}{t_{\text{ч}}^{\text{пов}} - t_{\text{з}}}$
	<i>абсолютне зниження витрат теплової енергії на опалення</i>	$\Delta Q = q \times S_{\text{оп}} \times 103 \frac{\delta Q}{100}$
Оцінка екологічної ефективності	<i>зниження витрати палива (газу) на опалення</i>	$\Delta V_{\text{г}} = 3,6 \times \frac{\Delta Q}{Q_{\text{н}} \times \rho_{\text{г}}}$
	<i>скорочення викидів CO₂ та парникових газів в атмосферу</i>	$\Delta M_{\text{зр}} = 3,6 \times 10^{-3} \times K_{\text{зр}} \times \Delta Q$
Оцінка економічної ефективності	<i>скорочення рахунків за опалення</i>	$\Delta = 9,6 \cdot 10^{-4} \cdot C_{\text{оп}} \cdot \Delta C_{\text{оп}} Q$
	<i>зниження вартості палива (газу), що використовується для опалення</i>	$\Delta C_{\text{г}} = C_{\text{г}} \cdot \Delta V_{\text{г}} \cdot 10^{-3}$

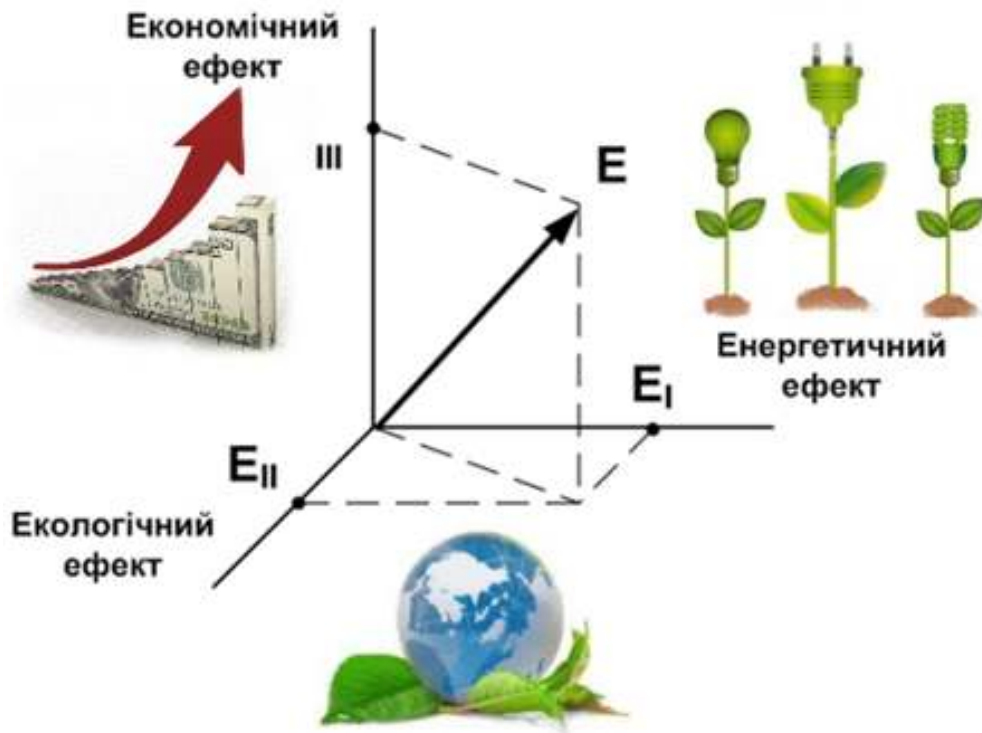


Рисунок 2.1 – Схема комплексної оцінки ефективності енергозберігаючих заходів



Рисунок 2.2 – Втрати теплової енергії через огороджувальні конструкції приватного будинку

Тепло йде через щілини в конструкціях разом із повітрям при вентиляції [5,6]. При цьому основними факторами, що впливають на рівень тепловтрат, є:

- високий рівень різниці температур між внутрішнім мікрокліматом приміщення та температурою зовнішнього повітря.
- характер теплоізоляційних властивостей конструкцій, що захищають, до яких належать стіни, перекриття, вікна і т. д. [4].

Тепловтрати через стіни будівлі розраховуються за такою формулою:

$$Q_{\text{стіни}} = k_{\text{стіни}} \cdot F_{\text{стіни}} \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{з}}), \text{ Вт}$$

де $Q_{\text{стіни}}$ – тепловтрати приміщення через стіни, Вт;

$k_{\text{стіни}}$ – коефіцієнт теплопередачі стіни, Вт/(м²·°C);

$F_{\text{стіни}}$ – площа стіни, м²;

$t_{\text{в}}$ – температура повітря всередині приміщення, градуси З;

$t_{\text{з}}$ – температура зовнішнього повітря, градуси З;

Використовуючи той самий метод, що і для втрат тепла через стіни, розраховуємо:

- втрати тепла через вікна;
- втрати тепла через стелю;
- втрати тепла через підлогу.

Загальні втрати тепла розраховуються за такою формулою:

$$Q_{\Sigma} = (2.3) \sum_{i=1}^n Q_i,$$

де i - напрямок втрати теплової енергії.

Відносний енергетичний ефект розраховується за такою формулою:

$$\delta Q_j = (2.4) \frac{\Delta Q_j}{Q_{\Sigma}} \times 100\%,$$

де Q_j - величина зменшення кількості теплової енергії.

Для розрахунку відносної та абсолютної економії теплової енергії за опалювальний сезон необхідно визначити відносну потребу у повному (комфортному) теплопостачанні об'єкта $\gamma_{\text{думка}}$.

Зниження витрати теплової енергії на опалення об'єкта за опалювальний період розраховується за такою формулою:

$$\delta Q = (1 - (2.5) \gamma_{\text{пов}}) \times \frac{t_{\text{в}}^{\text{пов}} - t_{\text{в}}^{\text{част}}}{t_{\text{ч}}^{\text{пов}} - t_3}$$

де $\gamma_{\text{пов}}$ - відносна потреба у повному забезпеченні приміщення тепловою енергією;

$t_{\text{в}}^{\text{пов}}$ - температура повітря в приміщенні при повному забезпеченні тепловою енергією, °C.

$t_{\text{в}}^{\text{част}}$ - температура повітря в приміщенні з частковим забезпеченням тепловою енергією, °C.

t_3 - температура атмосферного повітря зовні.

Методологія оцінки екологічної ефективності заходів щодо енергозбереження.

Екологічна ефективність оцінюється за двома критеріями:

- скорочення кількості спожитого природного газу;

- скорочення викидів забруднюючих речовин (ЗР) та парникових газів (CO₂).

До основних забруднюючих речовин під час роботи муніципальних котелень відносяться: NO_x; N₂O; CO; леткі органічні сполуки; CH₄.

Індекс емісії j-го забруднювача для джерела енергії розраховується через концентрацію за такою формулою:

$$k_j = c'_j \times \frac{v_{\text{дг}}}{Q_i^r} \times f_n \times \left(1 - \frac{q_4}{100}\right), \text{ г/ГДж}$$

де k_j - індекс емісії j-го ЗР, г/ГДж;

c'_j – масова концентрація j-го ЗР, наведена до стандартного вмісту кисню та стандартного вмісту кисню, мг/нм³;

f_n - при зниженні навантаження ТЕС ступінь зміни викиду забруднюючої речовини;

$v_{\text{дг}}$ - питомий обсяг сухих димових газів, наведений до нормального вмісту кисню, нм³/кг;

Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг;

q_4 – втрати тепла від механічного недопалу палива, %.

Визначення оксидів азоту NO_x. Згоряння оксидів азоту NO_x утворюється при спалюванні природного газу на заводах

Узагальнений показник викидів оксидів азоту k_{NO_x} , г/ГДж, після реалізації енергозберігаючих заходів, що пропонуються, розраховується наступним чином:

$$k_{\text{NO}_x} = (k_{\text{NO}_x})_0 \cdot \varphi_n (1 - \eta_3) (1 - \eta_{II} \beta)$$

де $(k_{\text{NO}_x})_0$ – показник викидів без урахування скорочення викидів, г/ГДж;

φ_n – ступінь зниження викидів NO_x (при низькому навантаженні);

η_3 – ефективність основних (режимних та технологічних) заходів;

η_{II} – ефективність вторинних заходів (азотне очисне встановлення).

Узагальнений показник викидів оксидів азоту при спалюванні природного газу з використанням різних технологій без урахування заходів

щодо зниження викидів NO_x визначається за даними джерел, зазначених у літературних джерелах [7].

Визначення оксиду вуглецю CO. Концентрація CO у димових газах збільшується із зменшенням потужності спалювальної установки. Швидкість викидів оксиду вуглецю, k_{CO} , г/ГДж, газу при спалюванні взята з відповідних джерел [9,10].

Скорочення кількості природного газу після реалізації запропонованих заходів щодо енергозбереження розраховується як:

$$\Delta V_{\Gamma} = 3,6 \times \frac{\Delta Q}{Q_{\text{н}} \times \rho_{\Gamma}}, \text{ м}^3$$

де $Q_{\text{н}}$ – нижча теплота згоряння палива виробництва теплової енергії, МДж/кг;

ρ_{Γ} – Щільність, кг / м³.

Методологія оцінки економічної ефективності заходів щодо енергозбереження.

Економічна ефективність оцінюється зниження витрат на природний газ та опалення.

Основні фактичні значення теплоти доквілля на природному об'єкті визначаються такими величинами, як:

- зниження витрат на опалення;
- зниження вартості палива.

Значення зниження економічних витрат на опалення розраховується за такою формулою:

$$\Delta = 9,6 \cdot 10^{-4} \cdot C_{\text{оп}} \cdot \Delta C_{\text{оп}} Q, \text{ грн}$$

де $C_{\text{оп}}$ – вартість одиниці теплової енергії, грн/Гкал.

Зниження економічної вартості природного газу розраховується за такою формулою:

$$\Delta C_{\Gamma} = C_{\Gamma} \cdot \Delta V_{\Gamma} \cdot 10^{-3} \text{ грн}$$

де C_{Γ} – вартість одиниці газового палива, грн/тис. м³ [12].

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЕНЕРГОМОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИВАТНОГО БУДИНКА

3.1 Вибір та аналіз досліджуваного об'єкту – типового приватного будинку

На основі об'єктно-орієнтованого методу екологічного енергозбереження теплової енергії розроблено програмний комплекс для перевірки технології покращення екології та енергетичної безпеки муніципальної енергетичної системи. Як об'єкт дослідження взято реальний випадок – приватний житловий будинок. Для цього реального випадку комплексно оцінено енергетичну, екологічну та економічну ефективність заходів енергозбереження (табл. 3.1):

Таблиця 3.1 - Перелік об'єктів на місці та заходів щодо енергозбереження,
що рекомендуються до впровадження

Відомості про натурний об'єкт	Заходи щодо енергозбереження						
	Споживання тепла		Перенесення тепла		Вироблення тепла		
	ТМ _{ОК}	У _{ТРП}	ТМ _Т	ТМ _{ЗА}	ГКК	ГС	ТН
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7
Приватна будівля, м. Вінниця, Вінницька обл.	+	+	-	-	-		+

№ 1 - термомодернізація огорожувальних конструкцій (ТМ_{ОК});

№2 – управління тепловими режимами опалення приміщень із використанням технологій «розумного будинку» (У_{ТРП});

№7 – використання альтернативного джерела теплопостачання – теплового насоса (ТН).

Заходи: термомодернізація трубопроводів (ТМ_Т) та запірної арматури (ТМ_{ЗА}), використання газового конденсаційного котла (ГКК) та геліосистеми (ГС) в ході досліджень не розглядалися.

Нижче наведено результати досліджень ефективності цих заходів на природному об'єкті.

Технічні та енерго-екологічні характеристики досліджуваного об'єкта. Натурний об'єкт є домом прямокутної форми з чотирисхилим дахом, план будівлі представлений на рис. 3.1.



Рисунок 3.1 – Технічний план досліджуваного приватного будинку

Згідно з технічними характеристиками будинку, він має такі параметри: об'єм будівлі 312 кубічних метрів, загальна площа будівлі 89,2 кв. м; висота нетто 2,85 м. Будинок опалюється побутовим газовим котлом МАЯК-16Р тепловою потужністю 16 кВт, випуску 1991 року. Система опалення будинку – водяне, з природною циркуляцією теплоносія. За фактичним віком будівлі її можна розділити на такі категорії (див. рис. 3.1).

Перекрыття між підвалом та кондиціонованим та опалювальним приміщенням складається з соснових дощок товщиною 40 мм. Зовнішні стіни виготовлені зі звичайної керамічної плитки, покритої цементним розчином, а зовнішні стіни оштукатурені шаром пінопластової ізоляції товщиною 50 мм та штукатуркою. Перекрыття горища не контактує із зовнішнім повітрям та складається з шару щебеню, соснових дощок та повітряних зазорів.

Параметри вікна: 2,4 м² ПВХ профіль - однокамерний склопакет 4М1-18-4М1 (газове середовище - повітря); 11,5 м² - склопакет з дерев'яними роздільними боковими планками; 11,5 м² - склопакет з дерев'яними роздільними боковими планками. Вхідні двері виготовлені з дерева (сосна) та мають площу 2,2 м².

Згідно зі стандартом ДСТУ - НБ В.1.1 - 27:2010, опалювальний сезон досліджуваного об'єкта становить 179 днів, середня температура зовнішнього повітря -1,0 °С, а розрахункова температура зовнішнього повітря -23,0 °С [13]. Внутрішня система опалення будинку розрахована на роботу в діапазоні температур 95-70 °С.

Будівля має природну вентиляцію. 5-7 м² вільного простору відведено для встановлення теплових насосів (рис. 3.2).

На основі результатів розрахунків, наведених у табл. 3.2–3.11 та рисунках 3.1–3.5, запропоновано рекомендовані заходи.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд об'єкту досліджень – типового приватного будинку

Для повного впровадження на великих підприємствах рекомендуються наступні чотири заходи:

- заміна старих газових котлів МАЯК-16Р на сучасні, більш ефективні конденсаційні котли, які дозволять генерувати необхідне тепло з меншим споживанням природного газу та знизять економічні витрати на експлуатацію системи теплоенергоспоживання будівлі;

- укладання ізоляційних матеріалів на огорожувальні конструкції (зовнішні стіни, горищні покриття, підлоги) для підвищення їх опору теплопередачі та приведення їх у відповідність до вимог ДБН В.2.6-31:2016 - Стандарт ізоляції будівель [14];

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків ефективності впровадження заходів з енергомодернізації

Досліджуваного приватного будинку

№ п/п	Тип огорожувачої конструкції що пропонується до утеплення, та інші заходи по зменшенню обсягів споживання енергоносіїв	Кількість (площа, од.)	Опір теплопередачі, ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$)		Обсяги втрат тепла, Гкал		Обсяг зменшення теплоспоживання після ТМБ		Обсяг економії коштів після ТМБ, тис. грн	Вартість впроваджен ня заходу по ТМБ, грн/м ²	Загальна вартість впроваджен ня заходу по ТМБ, тис. грн	Простий термін окупності, років	Норматив ний економіч ний термін експлуатац ії, років
			до ТМБ	після ТМБ	до ТМБ	після ТМБ	в Гкал	в т.у.п. ТМБ					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Зовнішні стіни (тип №1)	93,0	2,489	3,87	2,62	1,69	0,94	0,16	1,086	102,5	9,5	8,8	25
2	Горишні перекриття, що не вентилуються зовнішнім повітрям	81,5	1,8	4,3	3,14	1,32	1,82	0,31	2,110	56,0	4,6	2,2	25
3	Вікна і балконні двері кондиціонованого об'єму, що межують з зовнішнім повітрям	11,5	0,403	0,66	6,29	2,94	3,35	0,58	3,893	1 711,2	19,7	5,1	15
4	Утеплення перекриття між кондиціонованим об'ємом і некондиціонованим простором підвалу в кабінетах	81,5	2,291	3,54	2,50	1,62	0,88	0,15	1,024	68,6	5,594	5,5	15
5	Разом				14,56	7,57	6,99	1,20	8,113		39,4	4,9	
							51,4%						

- використання «інтелектуальних» систем опалення, які автоматично регулюють тепловий режим у будівлі та враховують її фактичні потреби в комфортному опаленні;

- використання теплових насосів «повітря-повітря».

Рекомендується використовувати моделі теплових насосів Hitachi. Серія теплових насосів Hitachi представлена реверсивними інтегрованими тепловими насосами, які оснащені спеціалізованим комплектом охолодження. Крім того, було вдосконалено систему керування системою та введено нову структуру коду. Порівняно з традиційними системами опалення, теплові насоси Hitachi [14] мають перевагу низьких експлуатаційних витрат.

Програма Hi-Kumo PRO забезпечує зручне дистанційне керування, онлайн-діагностику у разі аварії та прямий доступ до різних даних.

Її переваги такі:

- до 5 разів дешевше за газ;
- може працювати за температури до -25 градусів Цельсія;
- може використовуватися як кондиціонер влітку;
- тривалий термін служби;
- швидке встановлення.

Таблиця 3.3 – Вихідні дані з оцінки ефективності заходів № 1-4

Період спостереження		Втрати тепла		Критерій ефективності заходу				Вартість впровадж. заходу $C_{\text{вв}}$, тис.грн	Простий термін окупності заходу, рік	
		при існуючому стані, Гкал	після впров. заходу, Гкал	Енергетичний ΔQ (БҚ), Гкал (%)	Екологічні					Економічний $C_{\text{ек}}$, тис.грн
					$V_{\text{а}}$, тис.м ³	M_{CO_2} , т	M_{SO_2} , т			
Місяць	1	3,26			0,41	0,84	0,001	0,0		
	2	2,85			0,36	0,73	0,001	0,0		
	3	2,46			0,31	0,63	0,001	0,0		
	4	0,44			0,06	0,11	0,000	0,0		
	10	0,79			0,10	0,20	0,000	0,0		
	11	2,24			0,28	0,58	0,001	0,0		
	12	2,96			0,37	0,76	0,001	0,0		
Рік		14,99			1,90	3,87	0,004	0,0	209,1	

Таблиця 3.4 – Результати ефективності заходу – термомодернізація
огороджувальних конструкцій

Період спостереження		Втрати тепла		Критерій ефективності заходу					Вартість впровадж. заходу $C_{\text{зю}}$ тис.грн	Прості термін окупності заходу, рік
		при існуючому стані, Гкал	після впров. заходу, Гкал	Енергетичний $\Delta Q (\delta Q)$, Гкал (%)	Екологічні			Економічний $C_{\text{оп}}$ тис.грн		
					$V_{\text{п}}$, тис.м ³	M_{CO_2} , т	M_{SO_2} , т			
Місяць	1	3,26	1,68	1,58 (48,6%)	0,230	0,47	0,0000	1,837		
	2	2,85	1,46	1,38 (48,6%)	0,201	0,41	0,0000	1,604		
	3	2,46	1,26	1,19 (48,6%)	0,173	0,35	0,0000	1,384		
	4	0,44	0,22	0,21 (48,6%)	0,031	0,06	0,0000	0,245		
	10	0,79	0,40	0,38 (48,6%)	0,055	0,11	0,0000	0,443		
	11	2,24	1,15	1,09 (48,6%)	0,158	0,32	0,0000	1,265		
	12	2,96	1,52	1,44 (48,6%)	0,209	0,43	0,0000	1,668		
Рік		14,99	7,71	7,28 (48,6%)	1,057	2,16	0,0000	8,445	39,368	4,7

Таблиця 3.5 - Горищні перекриття (не вентилявані зовнішнім повітрям)

Період спостереження		Втрати тепла		Критерій ефективності заходу					Вартість впровадж. заходу $C_{\text{ев}}$, тис.грн	Прості термін окупності заходу, рік
		при існуючому стані, Гкал	після впров. заходу, Гкал	Енергетичний ΔQ (δQ), Гкал (%)	Екологічні			Економічний $C_{\text{оп}}$, тис.грн		
					$V_{\text{п}}$, тис.м ³	M_{CO_2} , т	M_{SO_2} , т			
Місяць року	1	0,685	0,289	0,396 (12,2%)	0,058	0,12	0,0000	0,460		
	2	0,598	0,252	0,346 (12,2%)	0,050	0,10	0,0000	0,401		
	3	0,516	0,217	0,298 (12,2%)	0,043	0,09	0,0000	0,346		
	4	0,091	0,039	0,053 (12,2%)	0,008	0,02	0,0000	0,061		
	10	0,165	0,070	0,095 (12,2%)	0,014	0,03	0,0000	0,111		
	11	0,471	0,199	0,273 (12,2%)	0,040	0,08	0,0000	0,316		
	12	0,622	0,262	0,360 (12,2%)	0,052	0,11	0,0000	0,417		
Рік		3,147	1,326	1,821 (12,2%)	0,265	0,54	0,0000	2,113	4,565	2,2

Таблиця 3.6 – Зовнішні стіни

Період спостереження		Втрати тепла		Критерій ефективності заходу					Вартість впровадж. заходу $C_{\text{ев}}$, тис.грн	Прості термін окупності заходу, рік
		при існуючому стані, Гкал	після впров. заходу, Гкал	Енергетичний ΔQ (δQ), Гкал (%)	Екологічні			Економічний $C_{\text{оп}}$, тис.грн		
					$V_{\text{п}}$, тис.м ³	M_{CO_2} , т	M_{SO_2} , т			
Місяць року	1	0,571	0,368	0,204 (6,3%)	0,030	0,06	0,0000	0,237		
	2	0,499	0,321	0,178 (6,3%)	0,026	0,05	0,0000	0,206		
	3	0,430	0,277	0,153 (6,3%)	0,022	0,05	0,0000	0,178		
	4	0,076	0,049	0,027 (6,3%)	0,004	0,01	0,0000	0,032		
	10	0,138	0,089	0,049 (6,3%)	0,007	0,01	0,0000	0,057		
	11	0,393	0,253	0,140 (6,3%)	0,020	0,04	0,0000	0,163		
	12	0,519	0,334	0,185 (6,3%)	0,027	0,05	0,0000	0,215		
Рік		2,626	1,690	0,937 (6,3%)	0,136	0,28	0,0000	1,087	9,531	8,8

Таблиця 3.7 – Поверх 1 поверх

Період спостереження		Втрати тепла		Критерії ефективності заходу					Вартість впровадж. заходу $C_{\text{ев}}$, тис.грн	Прості термін окупності заходу, рік
		при існуючому стані, Гкал	після впров. заходу, Гкал	Енергетичний ΔQ (δQ), Гкал (%)	Екологічні			Економічний $C_{\text{оп}}$, тис.грн		
					$V_{\text{п}}$, тис.м ³	M_{CO_2} , т	M_{SO_2} , т			
Місяць року	1	0,544	0,352	0,192 (5,9%)	0,028	0,06	0,0000	0,223		
	2	0,475	0,307	0,168 (5,9%)	0,024	0,05	0,0000	0,195		
	3	0,410	0,265	0,145 (5,9%)	0,021	0,04	0,0000	0,168		
	4	0,073	0,047	0,026 (5,9%)	0,004	0,01	0,0000	0,030		
	10	0,131	0,085	0,046 (5,9%)	0,007	0,01	0,0000	0,054		
	11	0,375	0,242	0,132 (5,9%)	0,019	0,04	0,0000	0,153		
	12	0,494	0,320	0,174 (5,9%)	0,025	0,05	0,0000	0,202		
Рік		2,502	1,619	0,883 (5,9%)	0,128	0,26	0,0000	1,025	5,594	5,5

Таблиця 3.8 - Кондиціонований обсяг вікон, що межують із зовнішнім повітрям

Період спостереження		Втрати тепла		Критерії ефективності заходу					Вартість впровадж. заходу $C_{ек}$, тис.грн	Прості термін окупності заходу, рік
		при існуючому стані, Гкал	після впров. заходу, Гкал	Енергетичний ΔQ (δQ), Гкал (%)	Екологічні			Економічний $C_{оп}$, тис.грн		
					$V_{п}$, тис.м ³	M_{CO_2} , т	M_{SO_2} , т			
Місяць року	1	1,460	0,669	0,791 (24,3%)	0,115	0,23	0,0000	0,918		
	2	1,274	0,584	0,690 (24,3%)	0,100	0,20	0,0000	0,801		
	3	1,099	0,504	0,596 (24,3%)	0,087	0,18	0,0000	0,691		
	4	0,195	0,089	0,106 (24,3%)	0,015	0,03	0,0000	0,123		
	10	0,352	0,161	0,191 (24,3%)	0,028	0,06	0,0000	0,221		
	11	1,005	0,460	0,544 (24,3%)	0,079	0,16	0,0000	0,632		
	12	1,325	0,607	0,718 (24,3%)	0,104	0,21	0,0000	0,833		
Рік		6,710	3,075	3,636 (24,3%)	0,528	1,08	0,0000	4,219	19,678	4,7

3.2 Дослідження ефективності реалізації комплексу енергоощадних технологій на обраному об'єкті

Вплив температури повітря в квартирі чи приватному будинку на якість життя та працездатність мешканців не можна недооцінювати – це може мати цілий ряд наслідків. Потреба в температурі повітря тісно пов'язана з вологістю повітря та швидкістю руху повітряних мас у будинку. Від співвідношення цих показників залежить комфортний мікроклімат у повсякденному житті. Взимку та влітку температура повітря в приміщеннях відрізняється. Відхилення на кілька

градусів не дивує. Крім того, слід враховувати суб'єктивні та нормативні вимоги до температури повітря в різних приміщеннях та для різних вікових груп. Слід зазначити, що також існують відмінності в необхідній температурі повітря для чоловіків та жінок. Жіноча половина населення більш теплолюбна, ніж чоловіча.

Національний стандарт передбачає, що умови мікроклімату поділяються на:

- підвищено оптимальні - придатні для приміщень, де проживають діти, немічні або літні люди;
- оптимальні - умови, які найбільше підходять для проживання людей протягом тривалого часу; умови, в яких процес терморегуляції не активований;
- допустимі - умови, що впливають на здоров'я людини довгостроково або систематично, за яких активуються терморегуляторні механізми, адаптовані до цих умов, що може спричинити тепловий дискомфорт, зниження здоров'я та зниження продуктивності праці.

ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря» [15] (таблиця 4.1) чітко обумовлює діапазон показників температури повітря для різних сезонів року та різних умов мікроклімату для житлових та громадських будівель. Водночас загальновизнано, що під час опалення житлових будівель слід виходити з того, що вони знаходяться в найкращих прийнятних мікрокліматичних умовах (бажано в окремих приміщеннях).

Крім того, мікрокліматичні параметри та санітарно-епідеміологічні вимоги, включаючи нормативні показники температури для житлових будівель, відображені в ДСТУ Б EN 15251, ДСТУ Б EN ISO 7730, ГОСТ 12.1.005 та інших нормативних документах.

Енергозбереження позитивно впливає на навколишнє середовище, зменшуючи видобуток, транспортування та спалювання палива. Енергозбереження також приносить енергетичні переваги, такі як зменшення рахунків за опалення та зниження витрат на паливо для опалення (газ). Якщо приміщення не використовується протягом 10-12 годин або більше, рекомендується тимчасово знизити температуру.

Тимчасове зниження температури не повинно перевищувати 4°C, щоб уникнути порушення вологості в приміщенні та спричинення деформації стін від температури.

Таблиця 3.9 – Діапазони кімнатних температур для опалення та охолодження

Тип будівлі/приміщення	Умови мікроклімату	Результуюча температура, °C	
		Діапазон в опалювальний період (у холодний період), приблизно 1,0 кло	Діапазон в період охолодження (у теплий період), приблизно 0,5 кло
Житлові будівлі: житлові об'єми (спальна кімната, вітальня, кабінет, кухня-їдальня тощо)	Підвищені оптимальні	22,0 ± 1,0	24,5 ± 1,0
	Оптимальні	22,0 ± 2,0	24,5 ± 1,5
	Допустимі	22,0 ± 3,0	24,5 ± 2,5
Житлові будівлі: інші об'єми (кухня, гардеробна, комора тощо)	Підвищені оптимальні	19,5 ± 1,5	–
	Оптимальні	19,5 ± 3,0	–
	Допустимі	19,5 ± 4,0	–
Житлові будівлі: ванна кімната	Підвищені оптимальні	25,0 ± 0,5	–
	Оптимальні	25,0 ± 1,5	–
	Допустимі	25,0 ± 2,0	–

Головною метою домовласників було мінімізувати витрати на опалення/гарячу воду та уникнути високих рахунків за електроенергію. Рентабельність газового опалення зменшується з року в рік, особливо при опаленні великих приміщень, включаючи житлові будинки. Тому, зваживши всі «за» і «проти», вони звернули свою увагу на опалення тепловим насосом. Більше того, розрахувавши приблизну економію коштів від використання теплового насоса протягом одного опалювального сезону, вони вирішили: «Встановити тепловий насос і використовувати його для опалення будинку» [16].

У таблиці 3.10-3.12 та на рисунку 3.3-3.7 наведено результати дослідження ефекту впровадження рекомендованого комплексу енергозберігаючих технологій для розглянутого приватного будинку.

Таблиця 3.10 – Результати ефективності заходів
використання технологій розумного будинку

Період спостереження		Втрати тепла		Критерії ефективності заходу					Вартість впровадж. заходу $C_{ек}$, тис.грн	Прості термін окупності заходу, рік
		при існуючому стані, Гкал	після впров. заходу, Гкал	Енергетичний ΔQ (δQ), Гкал (%)	Екологічні			Економічний $C_{оп}$, тис.грн		
					$V_{п}$, тис.м ³	M_{CO_2} , т	M_{SO_2} , т			
Місяць	1	3,260	3,072	0,188 (5,8%)	0,027	0,06	0,0000	0,218		
	2	2,846	2,676	0,170 (6,0%)	0,025	0,05	0,0000	0,197		
	3	2,455	2,267	0,188 (7,7%)	0,027	0,06	0,0000	0,218		
	4	0,436	0,369	0,067 (15,3%)	0,010	0,02	0,0000	0,077		
	10	0,785	0,682	0,103 (13,1%)	0,015	0,03	0,0000	0,120		
	11	2,244	2,062	0,182 (8,1%)	0,026	0,05	0,0000	0,211		
	12	2,960	2,772	0,188 (6,3%)	0,027	0,06	0,0000	0,218		
Рік		14,986	13,902	1,085 (7,2%)	0,158	0,32	0,0000	1,259	14,00	11,1

Таблиця 3.11 – Використання газових конденсаційних котлів

Період спостереження		Втрати тепла		Критерії ефективності заходу					Вартість впровадж. заходу $C_{ек}$, тис.грн	Прості термін окупності заходу, рік
		при існуючому стані, Гкал	після впров. заходу, Гкал	Енергетичний ΔQ (δQ), Гкал (%)	Екологічні			Економічний $C_{оп}$, тис.грн		
					$V_{п}$, тис.м ³	M_{CO_2} , т	M_{SO_2} , т			
Місяць	1			(0,0)	0,11	0,21	0,000	0,8		
	2			(0,0)	0,09	0,19	0,000	0,7		
	3			(0,0)	0,08	0,16	0,000	0,6		
	4			(0,0)	0,01	0,03	0,000	0,1		
	10			(0,0)	0,03	0,05	0,0000	0,2		
	11			(0,0)	0,07	0,15	0,0000	0,5		
	12			(0,0)	0,10	0,19	0,0000	0,7		
Рік		0,0	0,0	0,00 (0,0)	0,48	0,99	0,0000	3,6	43,7	12,2

Таблиця 3.12 – Використання теплового насоса

Період спостереження		Втрати енергії		Критерії ефективності заходу					Вартість впровадж. заходу $C_{ек}$, тис.грн	Прості термін окупності заходу, рік
		при існуючому стані, Гкал	після впров. заходу, Гкал	Енергетичний ΔQ (δQ), Гкал (%)	Екологічні			Економічний $C_{оп}$, тис.грн		
					$V_{п}$, тис.м ³	M_{CO_2} , т	M_{SO_2} , т			
Місяць	1	3,26	1,82	1,44 (44,2%)	0,209	0,43	0,0000	2,8		2,8
	2	2,85	1,59	1,26 (44,3%)	0,183	0,37	0,0000	2,5		2,5
	3	2,46	1,21	1,24 (50,6%)	0,181	0,37	0,0000	2,4		2,4
	4	0,44	0,25	0,19 (42,8%)	0,027	0,06	0,0000	0,4		0,4
	5	0,79	0,37	0,41 (52,3%)	0,060	0,12	0,0000	0,8		0,8
	6	2,24	1,05	1,19 (53,2%)	0,174	0,35	0,0000	2,3		2,3
	7	2,96	1,53	1,43 (48,3%)	0,207	0,42	0,0000	2,8		2,8
Рік		14,99	7,82	7,17 (47,8%)	1,041	2,12	0,0000	14,0	155,75	11,1

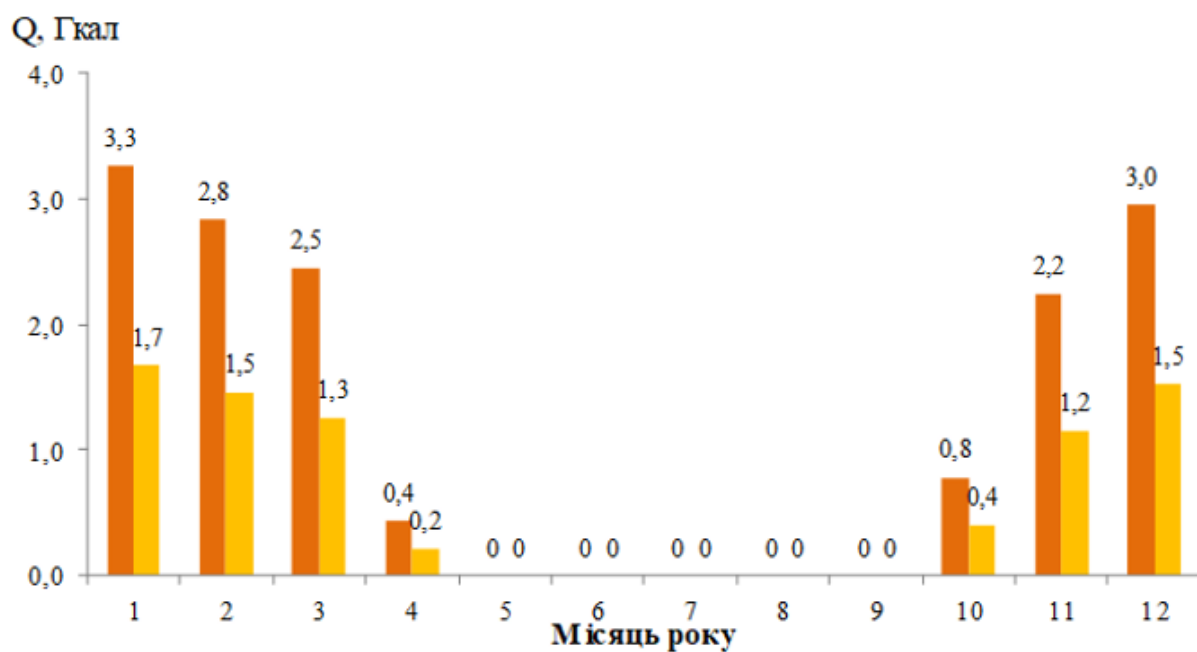


Рисунок 3.3 – Оцінка енергетичної ефективності термомодернізації огорджувальних конструкцій будинка

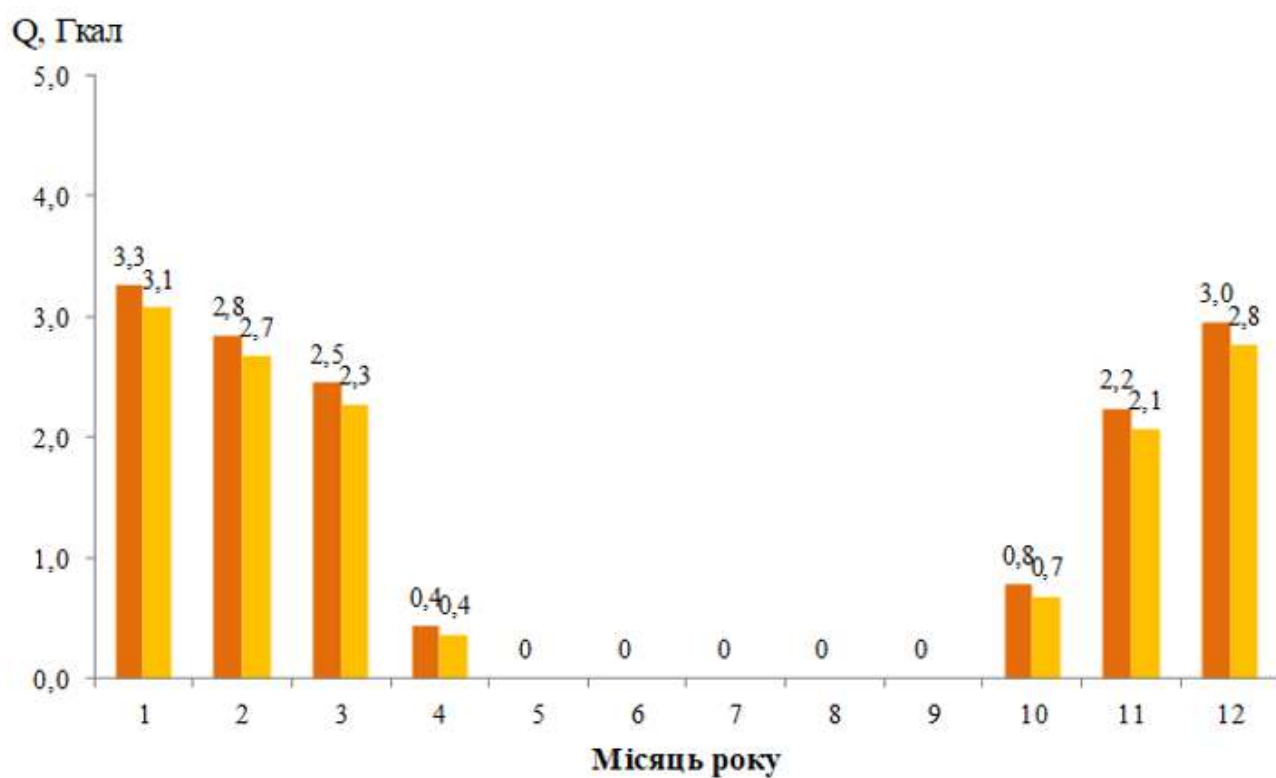


Рисунок 3.4 – Результати споживання тепла об'єктом до та після впровадження технології «розумний дім»

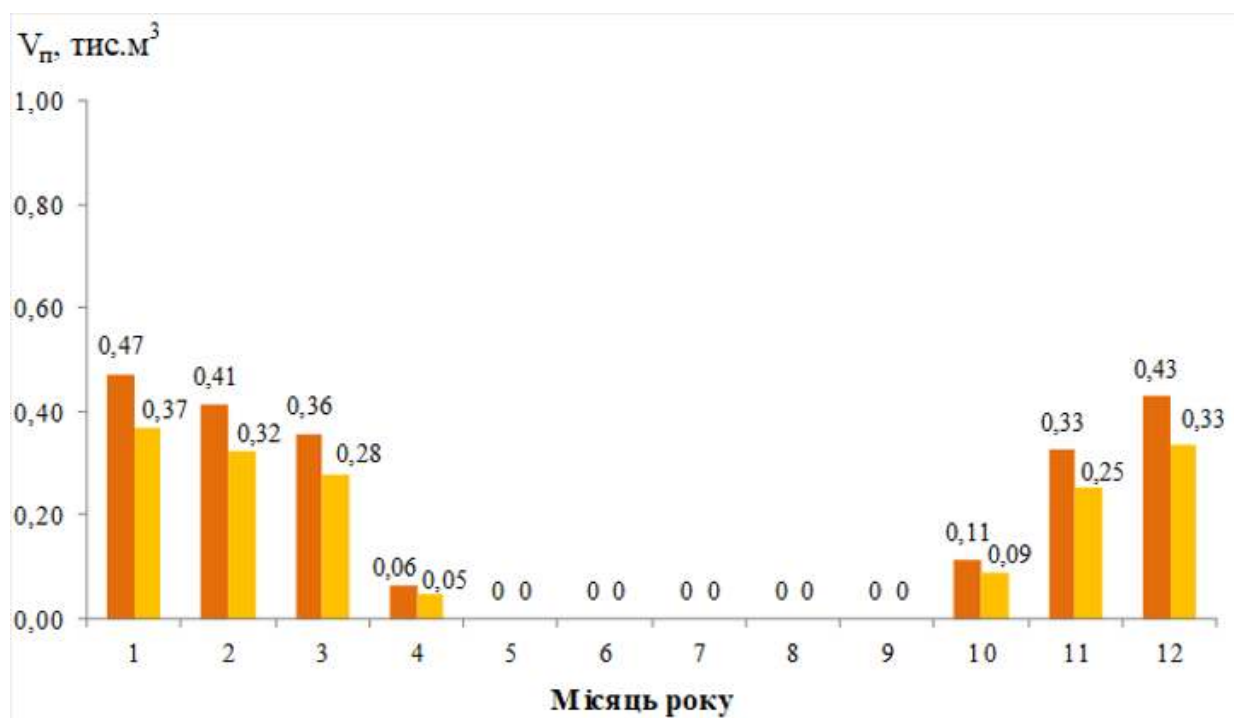


Рисунок 3.5 – Результати споживання теплової енергії об'єктом до та після впровадження заходу – використання газових конденсаційних котлів

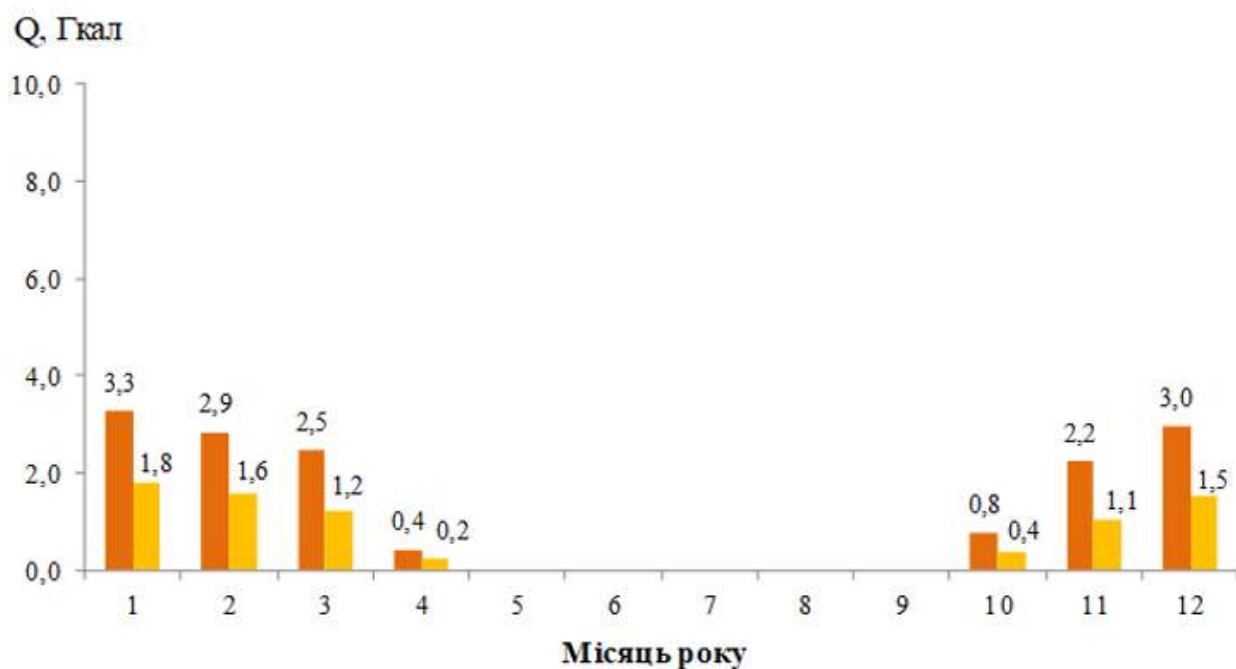


Рисунок 3.6 – Результати споживання тепла об'єктом до та після впровадження заходу – використання теплового насоса

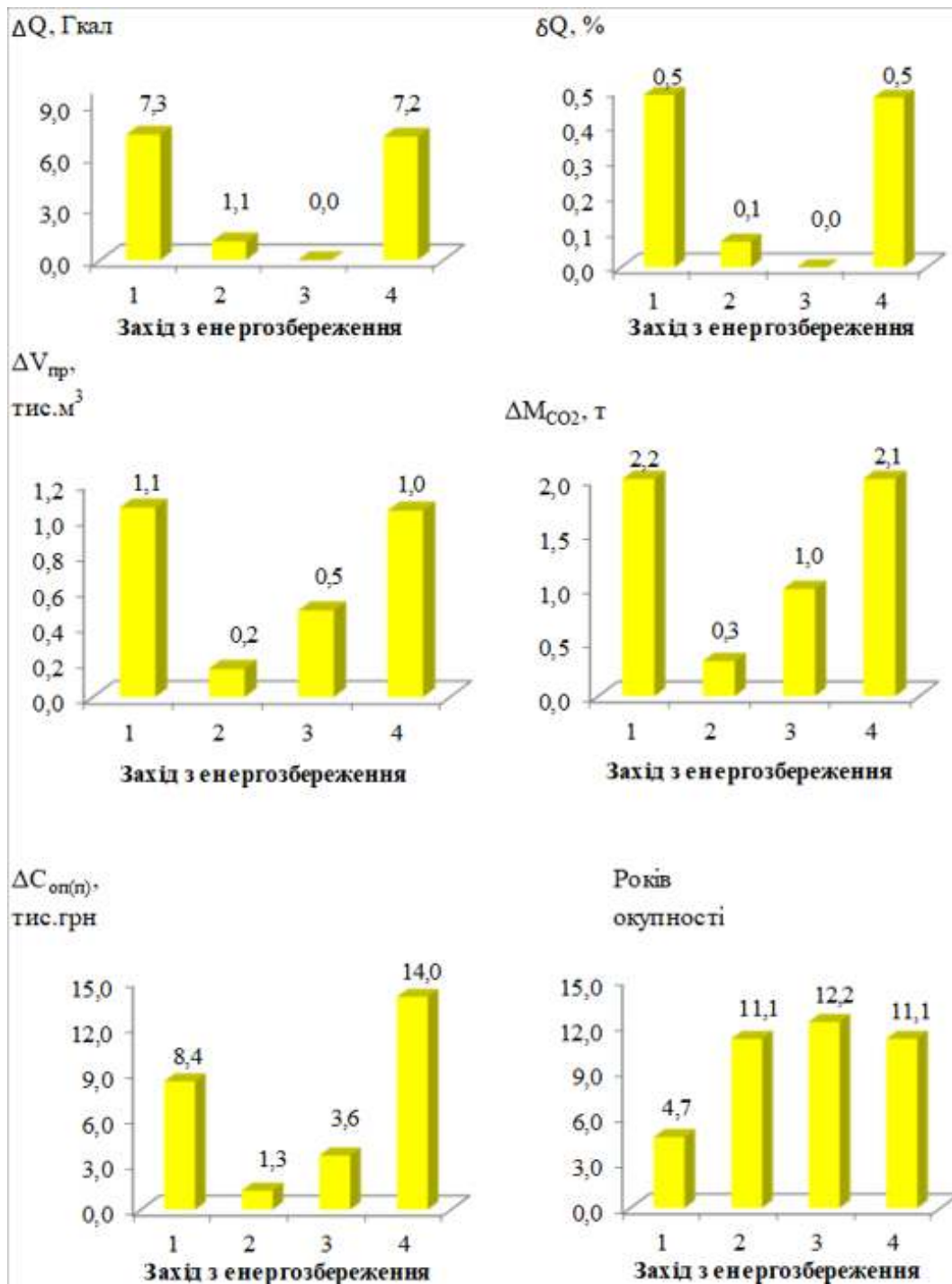


Рисунок 3.7 – Результати споживання теплової енергії по об'єкту б до та після впровадження заходів №№ 1-4 за показниками енерго-економічного ефекту

За один сезон при встановленні теплового насоса на площі 312 м² можна заощадити велику суму грошей, яку можна було б витратити на опалення газом, електрокотлом або твердим паливом. А саме, газ – 25 286 грн, електрокотел – 46 670 грн, тверде паливо – 13 334 грн.

3.3 Багатокритеріальна оцінка ефективності впровадження системи «розумного» опалення на натурному об'єкті

Термін «розумний дім» зараз є загальноживаним і останнім часом він став ще більш відомим. Враховуючи рівень побутової техніки, що використовується майже в кожному домогосподарстві, можна зробити однозначний висновок: рівень її автоматизації дуже високий. Слід відмітити, що автоматизація торкнулася і системи опалення розумних будинків, яка стала ще розумнішою завдяки інноваціям. Давайте розглянемо цей сценарій, щоб зрозуміти розумне опалювальне обладнання та всі його переваги.

Якщо стратегію «розумного» будинку повністю застосувати до системи опалення, цілком можливо значно знизити витрати. Точний контроль споживання енергії та раціональний розподіл теплових енергетичних ресурсів допоможуть заощадити кошти.

Стратегія системи опалення «розумного» будинку була розрахована та перевірена на практиці. Очікується, що результати будуть широко застосовними [17-19].

Насправді принцип очевидний – при побудові схеми опалення слід враховувати використання датчиків керування (рис. 3.8) і навіть виконавчих механізмів у точці розподілу енергії. Датчики та механізми керування, у свою чергу, підключені до ліній контролера, оснащеного керуючим програмним забезпеченням.

Температура на термостаті залежить від потреб власника та температури зовнішнього повітря, тому на радіаторі відображаються дві температури: задана та фактична [12].

При розгляді можливих варіантів схем, звичайно, слід враховувати особливості їх застосування залежно від типу житла та його розташування.

Традиційно існує два варіанти: міський сектор, приміський сектор.

Системи опалення цих двох варіантів дещо різняться, оскільки в міських умовах централізоване опалення все більше набуває пріоритету.



Рисунок 3.8 – Автоматичне керування температурою радіатора

Для заміського сектора характерна автономна система опалення, тому розумне рішення щодо опалення для цих двох варіантів може відрізнитися.

У принципі, все просто, враховуючи розвиток технологій контролю та управління з використанням контролерів.

Розглянемо докладніше рішення для заміських будинків, тому що для житлових будинків принцип зрозумілий та відомий. Рішення для заміського чи міського приватного автономного будинку характеризується необмеженими можливостями.

Автономне приватне домоволодіння зазвичай працює від системи теплопостачання, наприклад, від котла. В цьому випадку автоматизація простіше з погляду незалежності, але дещо складніше з технічної погляду.

Складність обумовлена застосуванням автоматики та керування не тільки до побутових опалювальних приладів, а й безпосередньо до джерела тепла – котла.

Пропоновані конструкції сучасного котельного обладнання передбачають повну автоматизацію, у тому числі: завантаження палива; інтенсивність горіння; циркуляція середовища; температурні обмеження; таймер активної дії.

Якщо використовується пристрій такої конфігурації, достатньо узгодити систему управління опаленням розумного будинку всередині приміщення з контролером котельного обладнання. В іншому випадку, при наявності конструктивних особливостей котла доведеться автоматизувати установку котла. Тоді задане значення температури на датчику, розташованому всередині приміщення, буде додатковою точкою відліку контролера котла. На підставі цієї інструкції здійснюватимуться розрахунки витрат палива, інтенсивності горіння та інших показників роботи котельного обладнання.

Однак, допускається створення різних температурних умов у кожному окремому приміщенні за умови достатньої ізоляції одного приміщення від іншого. У цьому варіанті тепловий потік додатково регулюється за допомогою індивідуальних термостатів та регуляторів, які керують потоком теплоносія через прилади (батареї, система теплої підлоги).

Переваги повної автоматизації опалення

Перш ніж розмірковувати про переваги «розумного» опалення, слід зазначити один початковий недолік кінцевого користувача.

При створенні такої системи вам доведеться витратитися на придбання необхідних комплектуючих, а також на встановлення та налаштування.

Звичайно, не виключається варіант зробити все самостійно. Однак для реалізації цього варіанта необхідно мати статус висококваліфікованого фахівця чи майстра на всі руки.

Середньостатистичні розрахунки показали економію на опаленні до 30% у холодну пору року.

Серед безперечних переваг технології – можливість керування всіма параметрами безпосередньо з телефону чи планшета.

Сучасні смартфони дозволяють встановлювати спеціальні програми, які контролюють та регулюють параметри системи опалення.

Очевидною перевагою таких систем є фактор точного та стабільного температурного тла.

Більше того, за допомогою програми можна задати потрібний режим у певний час доби: більш прохолодний уночі для спокійного сну та поступове підвищення температури за годину до повернення з роботи.

Коли в приміщенні «не холодно – не жарко», тобто дотримується оптимального для організму температурного тла, ризик простудних захворювань різко знижується. У таких умовах організм знаходиться в активній фазі, і людина відчуває комфорт.

Перевагою є фактор зручності. Немає потреби відкривати крани, вимірювати температуру термометром. Усі ці заходи автоматика виконає із високою точністю. Крім того, з'являється можливість враховувати електроенергію, що споживається. А це, знову ж таки, економія.

Особливості встановлення «розумного» опалення.

Найголовніше, що можна віднести до рекомендацій щодо облаштування систем опалення в розумному будинку, - це використання якісного регулюючого обладнання, а також надійних фільтрів. Ефективна фільтрація потоку охолоджувальної рідини та використання надійних механізмів управління сприяють точній та бездоганній роботі системи. Автоматизовані модулі на базі контролерів забезпечують високий рівень чутливості, що дозволяє регулювати процеси з точністю до одного відсотка.

Однак за відсутності модулів, що фільтрують, робота регуляторів витрати може бути порушена вже після нетривалого періоду експлуатації.

Рекомендується технічно грамотно розраховувати і вибирати точки встановлення термостатів (датчиків), оскільки правильно обране місце установки дозволяє досягти максимального ефекту регулювання загалом. Інформацію про ефективні точки розміщення завжди можна знайти в паспорті приладу. Застосування «розумних» технологій опалення у будинках різного типу дозволяє знизити витрату палива на опалення житлової будівлі на 0,115 тис. м³ (рис. 3.9). При використанні «розумних» технологій опалення у будинках різного типу можливе зниження викидів NO_x в атмосферу від житлової будівлі – 0,242 кг (рис. 3.10). При використанні «розумних»

технологій опалення у будинках різного типу можливе зниження викидів CO_2 в атмосферу від житлової будівлі – 218,7 кг (рис. 3.11).

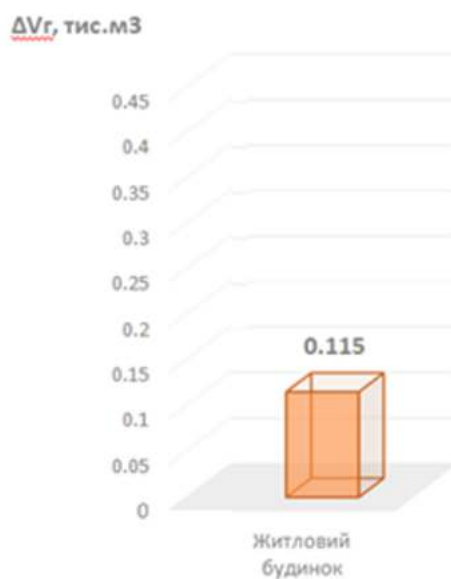


Рисунок 3.9 – Зменшення витрат палива на опалення житлових будинків

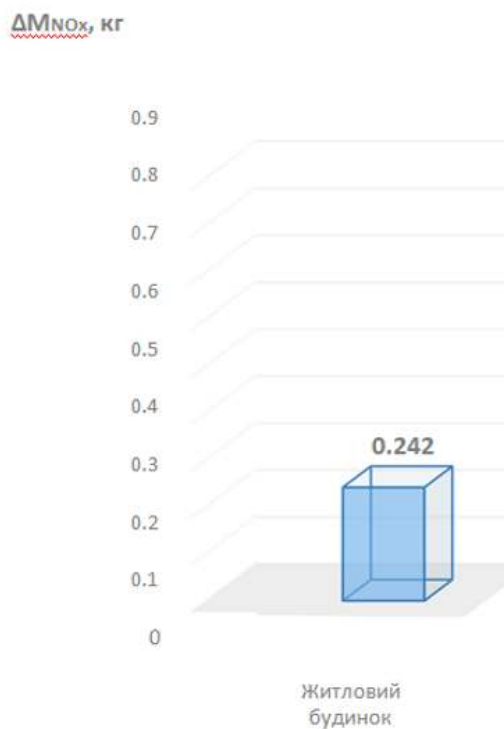


Рисунок 3.10 – Зменшення викидів NO_x в атмосферу

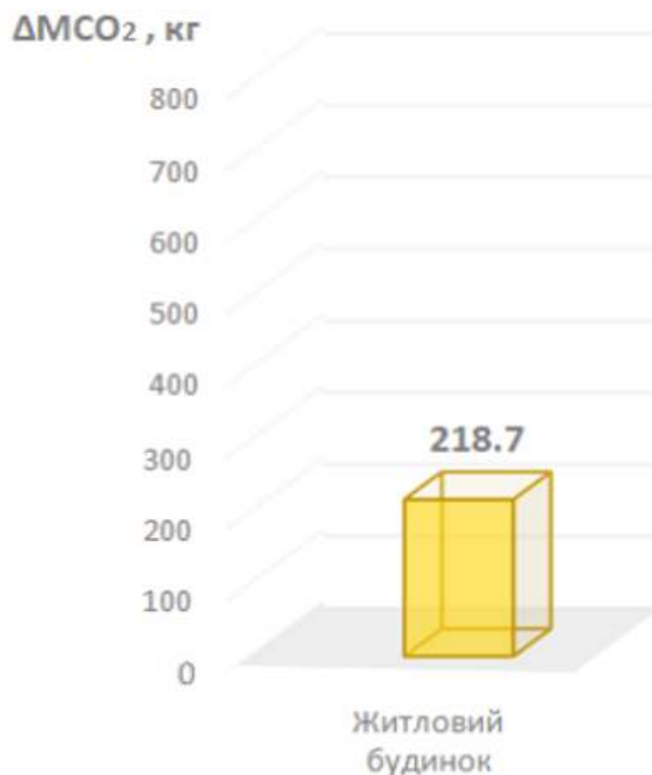


Рисунок 3.11 – Зменшення викидів парникових газів CO₂

Таким чином, визначено, що перший об'єкт використовується в середньому 50 годин на тиждень: 5 днів з них по 10 годин на день. Це лише невелика частина загального часу. Потреба в опаленні більша у вихідні, оскільки домовласник може використовувати режим енергозбереження вночі. В інший час температуру можна знизити на 4°C. Інші кімнати – це гостьові кімнати, які використовуються на вимогу, тому режим енергозбереження там можна вмикати 24 години на добу.

Технології є рушійною силою соціального прогресу. Рівень комфорту та зручності постійно зростає. Яскравим прикладом є система опалення приватного будинку або квартири, яка оснащена повним контролем процесів без втручання людини. Користувачеві потрібно лише визначити рівень комфорту, щоб отримати бажаний мікроклімат у всьому будинку та досягти значної економії енергії.

4 ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЖИТЛОВИХ БУДИНКІВ

При розгляді теоретичного та практичного використання обладнання у сучасних будинках найчастіше використовують альтернативні джерела опалення, що працюють за допомогою теплогенераторів на основі відновлюваних джерел енергії. Це сонячна, геотермальна та біологічна енергія. Використовуються котли, теплові насоси та сонячні батареї, які акумулюють тепло та виробляють електроенергію [15].

Розглянемо результати використання найпопулярніших видів відновлюваних джерел енергії для опалення:

Енергія вітру дуже успішно використовується як альтернативне джерело опалення замиського будинку. Цей ресурс невичерпний. Він має відновлювану властивість. Для використання сили вітру вам знадобиться спеціальний пристрій, який називається вітряк.

Принцип використання енергії вітру

Для перетворення енергії вітру на альтернативне джерело тепла знадобиться вітрогенератор. Вони бувають вертикальними та горизонтальними залежно від осі обертання. В Україні переважно використовують вертикальні генератори, оскільки вони мають більшу продуктивність. Вартість залежить від матеріалу, розміру самої установки та потужності. Деякі будують вітрогенератори самостійно, використовуючи фірмові матеріали [18].

Будь-який вітряк складається з наступних компонентів:

- леза;
- щогли;
- флюгер визначення напрямку вітру;
- генератор;
- контролер;
- акумуляторні батареї;
- інвертор.

Принцип роботи вітряної електростанції заснований на силі вітру, що обертає лопаті вітряків. Лопаті, що закріплені на щоглі, знаходяться високо над землею. Чим вище, тим вища продуктивність. Так, для постачання одного будинку достатньо висоти 25 метрів.

Він обертається до ротора генератора. Він починає виробляти трифазний змінний струм, який вимагає подальших змін.

Проходячи через акумулятори, струм випрямляється і надходить в інвертор, де перетворюється на однофазний змінний струм частотою 50 Гц і напругою 220 В. Тепер його можна використовувати для побутових потреб у системі електроопалення.

Особливості розташування вітряків

Повітряні турбіни здатні працювати при певних умовах.

Його висота має перевищувати не менше 10 м навколо будинків, дерев та інших будівель, а лінії електропередач та інші об'єкти повинні знаходитись на відстані 100 м від вітряка. Цю вимогу виконують не завжди — не всі власники приватних будинків мають присадибні ділянки достатньої площі.

По-друге, добре, коли розглянута місцевість має хорошу вітромісткість, велику висоту або степ. Для запуску генератора потрібна швидкість вітру 2 м/с.

Багато моделей вітрових систем, призначені для використання у приватних домогосподарствах, здатні повністю покрити потреби в електроенергії.

Так, вітряк потужністю 1,5 кВт може виробляти 100-200 кВт·год на місяць залежно від пори року. При збільшенні висоти щогли продуктивність збільшиться вдвічі.

Але це вимагатиме додаткових витрат на монтаж та витратні матеріали. Термін служби вітрових електростанцій становить у середньому 20 років.

Більшість вітряків розташована там, де велика територія і немає забудови, а як відомо, що далі від міста, то більша сила вітру через відкриті простори.

Енергія землі. Найчастіше, ніж енергія вітру, використовується енергія землі — геотермальна система опалення. Вона ґрунтується на використанні

енергії землі. Це тепло землі, ґрунтових вод та навколишнього повітря, що перетворюється тепловими насосами (ТН). Важливо, щоб температура середовища, що використовується установкою, була вищою за нуль.



Рисунок 4.1 – Встановлення вітряка біля приватного будинку

Пристрій та принцип роботи теплового насоса.

Для роботи геотермальної системи потрібна електрика, яка використовується для передачі отриманого тепла. Тепловий насос, споживаючи 1 кВт, виробляє від 2 до 6 кВт тепла.

Основний принцип роботи ТТ полягає у зборі тепла, його перетворенні та подальшій передачі в контур опалення. Це досягається завдяки самому пристрою.

ТН складається з 3-х замкнутих контурів, що беруть участь у процесі одержання тепла для опалення приватного будинку:

- зовнішній – призначений для відведення тепла від джерел. За контуром циркулює антифриз або сольовий розчин;

- внутрішні – заповнені холодоагентом, найчастіше фреоном;
- контур опалення заповнений теплоносієм.

Фреон, заповнюючи внутрішній контур, нагрівається за рахунок тепла, що надходить із зовнішнього контуру. Маючи низьку температуру кипіння, він перетворюється на газ у першому теплообміннику - випарнику.

Потім він надходить до компресора, де стискається, внаслідок чого виділяється багато тепла, а температура самого газу багаторазово збільшується — до 65 градусів.

Далі фреоновий газ надходить у наступний теплообмінник, званий конденсатором, де він віддає своє тепло. Фреон, відокремившись від більшої частини тепла, під тиском потрапляє в запобіжний клапан. Тут тиск різко падає, холодоагент охолоджується і, прийнявши рідкий стан, знову надходить у випарник.

Тепло, залишене фреоном в конденсаторі, нагріває рідину, що циркулює в системі опалення будинку.

Найпростіший варіант теплового насоса легко зробити своїми руками. Для цього вам знадобляться фактично викинуті деталі, дешево куплене обладнання, і, звичайно, терпіння. Але в Харкові з цим зіткнулося 2% населення, встановлення теплових насосів різних типів зараз дуже актуальне через зростання вартості інших видів палива, а в теплових насосах є можливість вибору типу:

- повітря – повітря;
- вода – повітря;
- вода – вода;
- гкоротун - вода.

Перші два типи насосів використовуються у системах повітряного опалення, а другі два – у системах з рідким теплоносієм.

Вертикальний варіант теплового насоса (рис. 4.2) найбільш ефективний для уловлювання енергії Землі, але він і найдорожчий.



Рисунок 4.2 – Вертикальне виконання теплового насосу

Найбільш економічно вигідним варіантом є використання водяного теплового насосу. Такий варіант доцільний, якщо поряд з будинком є резервуар, що незамерзає, в якому прокладені труби для теплового огородження.

Тепловий насос (рис. 4.3) дозволяє отримати 30 Вт із 1 м трубопроводу. Залежно від площі приватного будинку та потреб у енергії необхідно прокласти відповідну кількість труб.

Повітряні насоси не замінять традиційне опалення в регіонах із суворим кліматом. Щодо тепла із землі, то це дуже дорогий проект. Використовуйте горизонтальне геотермальне поле, вертикальне та кущове буріння.

При горизонтальному варіанті геотермальне поле буде побудовано на глибину, більшу за рівень промерзання. Це приблизно 1,5-2 м-коду. Площа такого поля велика — від 200 м².



Рисунок 4.3 – Тепловий насос у житловій будівлі

Реалізація вертикально-кущового проекту вимагає буріння свердловин на значну глибину з використанням бурових установок.

Це дуже дорога послуга. Устаткування такого типу теплового насоса доцільне для власників котеджів, які не замислюються про вартість робіт. Опалення, що використовує тепло із глибин Землі, може повністю замінити тверде паливо чи газ. Геотермальне опалення найбільш вигідно використовувати в парі з водяною «теплою підлогою». Це дозволяє отримати найоптимальніший результат.

До суттєвих недоліків можна віднести велику довжину трубопроводу для збирання тепла, дорогі земляні роботи для встановлення системи, а також необхідність великої площі для розміщення геотермального поля.

Сонячна енергія. Сонячна енергія, що виробляється лампами, цілий рік, навіть у сонячні мости, здатна стати альтернативним видом опалення для замиського житла. Важливо навчитися правильно її збирати та використовувати у системі опалення [14].

Для збору та перетворення енергії Сонця використовуються сонячні панелі на фотоелектричних перетворювачах та колекторах, що є системою трубок, заповнених холодоагентом.

Принципова відмінність цих перетворювачів у тому, що батареї виробляють струм, який можна використовувати в електроопаленні заміського будинку. Колектори застосовуються в системах водяного та повітряного опалення. Найбільш ефективним варіантом є оснащення приміщення системою «тепла підлога».

Думка про те, що Сонце не справляється з опаленням будинку, справедлива лише у разі неправильного монтажу та помилкових розрахунків необхідної кількості енергії та тепла. Оптимально підібрана спіраль цілком здатна забезпечити автономне опалення. Інша проблема полягає в тому, що це вимагатиме аналізу фінансових витрат на придбання обладнання, його встановлення та інтеграцію в існуючу систему опалення.

Сонячні системи (рис. 4.4) на фотоелектричних перетворювачах поглинають сонячну енергію, а кремнієві фотоелектричні елементи відразу перетворюють її на постійний струм. 1 м² установки може виробляти 120 Вт [10].

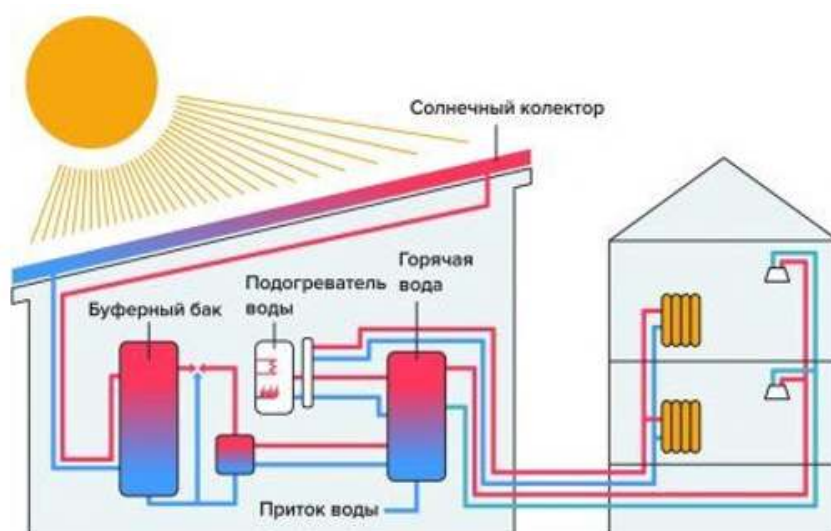


Рисунок 4.4 – Принципова схема сонячної системи альтернативного теплопостачання

Крім панелей, що вловлюють сонячне випромінювання та перетворюють його, для системи сонячного опалення необхідно встановити контролер заряду,

перетворювач постійного струму на змінний, а для забезпечення безпеки - поставити запобіжники.

Перевагою панелей є можливість підключення акумуляторів, що накопичують надлишки енергії, які можна використовувати у нічний час. Істотним недоліком при використанні сонячних батарей є найбільша ефективність у південних регіонах. У суворому кліматі їх установка для використання як основний вид опалення економічно недоцільна.

Сонячні установки, оснащені системою трубок, більше підходять для регіонів із холодними зимами та негативними температурами. Залежно від конструкції панелі та матеріалів розрізняють вакуумні колектори, плоскі та концентратори. Найдорожчий із них – із вакуумними трубками. Але вони найбільш ефективні в будь-яку пору року та за будь-якої погоди, оскільки здатні поглинати широкий спектр сонячного випромінювання. Ще однією перевагою є те, що вакуумні панелі успішно функціонують при негативних температурах до -35°C .

Принцип роботи резервуара полягає в тому, що він уловлює сонячне випромінювання, яке перетворюється на тепло у вакуумних трубках. Потім воно передається теплоносія, який подає його в теплообмінний бак. Потім теплоносіє надходить у систему опалення.

Проаналізувавши дані та розглянувши (рис. 4.5), бачимо, що Харків не використовує сонячні системи та соснові установки так інтенсивно, як на півдні України через сприятливіший там клімат. Але на Харківщині також практикують залучення сонячної енергії для використання в побуті і навіть продають залишки виробленої енергії.

Біологічно чисте паливо. Одним з ефективних та доступних способів опалення заміського будинку є котел, що працює на біологічно чистому паливі.

Даний вид альтернативного опалення використовує для свого виробництва відходи — лушпиння, тріску, тирсу та інші побічні продукти деревообробної промисловості.



Рисунок 4.5 - Експлуатація сонячних систем та сонячних електростанцій

З різних відходів він робить щільні, спресовані гранули невеликого розміру – пелети, що спалюються у казанах. У порівнянні зі звичайними дровами, таке паливо служить довше і дозволяє отримати більше тепла.

Виготовляють великі щільні брикети з різних видів рослинних відходів. Таке спресоване паливо дозволяє отримати у 2-4 рази більше теплової енергії. Його теплотворна здатність становить до 5,0 кВт×год/кг.

Для газового казана можна використовувати біогаз. Його легко отримати у процесі гниття органічних відходів. Для цього потрібно буде побудувати досить велику ємність, помістити в неї відходи та передбачити можливість їхнього змішування.

Під впливом повітря та бактерій відбувається процес гниття та газовідділення. Повинен бути встановлений трубопровід для відведення відпрацьованого матеріалу. Також повинні бути використані відповідні пристрої для збирання бензину у спеціальні ємності, його очищення та передачі в систему опалення.

Екологічно чистий метод опалення з використанням альтернативного джерела тепла – водневого котла.

У його роботи лежить реакція молекул водню з киснем, у ході якої виділяється дуже багато тепла. Такий вид нагрівання вимагає дотримання правил експлуатації та безпеки.

Головний недолік – висока вартість заводського обладнання. Вихід із ситуації – самостійне оснащення водневої системи.

Це вимагатиме постійного зв'язку з джерелами електроенергії та води, водневим пальником, водневим генератором, каталізаторами та самим котлом.

ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз та систематизацію найпоширеніших традиційних та інноваційних енергозберігаючих технологій в галузі опалення будівель та їх відповідні принципи роботи. У цьому розділі досліджується природа та особливості застосування альтернативних та «розумних» технологій опалення в будівлях.

2. Розроблено багатокритеріальний метод оцінки ефективності енергозберігаючих технологій, який дозволяє визначити показники енергетичної, екологічної та економічної ефективності використовуваних технічних засобів. До конкретних показників належать: енергоефективність – абсолютні та відносні значення економії теплової енергії; екологічна ефективність – економія паливних ресурсів, значення скорочення викидів парникових газів та викидів забруднювачів повітря; економічна ефективність – значення скорочення витрат на опалення та паливо.

3. Як об'єкт дослідження було обрано приватний будинок, для подальших розрахунків було оцінено його технічний, екологічний та енергетичний стан. Було порівняно та оцінено ефективність технології утеплення будівель для природних об'єктів та альтернативних та «розумних» технологій опалення, а також запропоновано рекомендації щодо впровадження енергозберігаючих заходів для природних об'єктів.

4. Було проведено комплексну оцінку ефективності впровадження альтернативних та «розумних» технологій опалення в житлових будинках.

5. Було оцінено перспективи використання альтернативних енергетичних технологій в опаленні приватних житлових будинків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про відновлювану енергію: РЕМАП – 2030 Перспективи розвитку поновлюваної енергетики в Україні до 2030 року [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://saee.gov.ua/sites/default/files/UKR%20IRENA%20REMAP%20_%202015.pdf.
2. Polyvianchuk Andrii, Malyarenko, Vitaliy, Kapustenko Petro, Polyvianchuk Natalia, Petruk, Halyna Arsenyeva Olga. Estimation of energy, economic and environmental efficiency for renovation of building heating system // Clean Technologies and Environmental Policy. 2025. – 122096, DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-025-03150-8>.
3. Газові котли [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://exsys.com.ua/ru/uvelychenye-kpd-hazovoho-kotla-vyborjeffektyvnogo-metoda/>.
4. Опалення «розумного будинку» [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.pobuduy.com/sistema-rozumnij-budinok-progresivni-pristroi-dlya-avtomatichnogo-keruvannya-budinkom-chi-kvartiroju/>
5. Полив'янчук А.П. Дослідження еколого-енергетичної та економічної ефективності використання SMART-технологій в системах теплоспоживання будівель / А.П. Полив'янчук, Ю.Л. Коваленко, М.Ф. Смирний, В.Є. Плюгін, С.В. Романенко // Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура, 2018. – № 7 (146). – С. 77–82. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2018-7-146-77-82>.
6. Енергетика: історія, сьогодення та майбутнє. Електроенергетика та охорона навколишнього середовища. Функціонування енергетики у світі [Текст] / [Бурячок Т.О. та ін. ; наук. ред.: Клименко В.М., Ландау Ю.О., Сігал І.Я.]. – Київ: [бв], 2013. – 391 с. : іл., табл. – Бібліографія: с. 383-389. - 500 екз.
7. Стратегія енергозбереження в Україні: Аналітичні та довідкові матеріали / Колективна монографія у 2-х томах за ред. В.А. Жовтянського, М.М. Кулика, Б.С. Стогнію. - Т. 1: Загальні засади енергозбереження. - Київ:

Академперіодика, 2006. - 510 с.; Т. 2: Механізми реалізації політики енергозбереження - Київ: Академперіодика, 2006. - 600 с.

8. Сухонос М.К. Створення та апробація концепції комплексного оцінювання енергетичної, екологічної та економічної ефективності заходів з енергозбереження в будівлях / М.К. Сухонос, А.П. Полив'янчук, Ю.Л. Коваленко, М.Ф. Смирний, С.В. Романенко, Р.А. Семененко, Ю.В. Сігаєва // Комунальне господарство міст. Серія: Економічні науки, 2018. – № 6 (145). – С. 33–37. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2018-6-145-33-37>.

9. Теплові насоси Hitachi [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://hitachi-ukraine.com.ua/uk/>.

10. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання повітря». - К., 2013. - 30 с.

11. HERZ Smart Comfort: дистанційне керування комфортом будинку [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://volar.com.ua/news/herz-smart-comfort-distantionnoe-upravlenie-komfortom-doma.html>.

12. Опалення зі смартфона з HERZ Smart Comfort [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://unidim.com.ua/blog/upravlenie-otopleniem-so-smartfona-eto-herz-smart-control>

13. Полив'янчук А.П. Дослідження еколого-економічної ефективності геліосистем при реалізації концепції сталого розвитку в комунальній енергетиці / А.П. Полив'янчук, Н.М. Полив'янчук, Р.А. Семененко, С.В. Романенко, Д.П. Онацький // Комунальне господарство міст. Серія: Технічні науки та архітектура, 2019. – № 1 (147). – С. 83–88. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2019-1-147-83-88>.

14. Vasyl Petruk, Andriy Polyvyanchuk, Roman Petruk, Natalya Polyvyanchuk, Vadim Honcharuk. Innovative thin-film heliotechnologies of decarbonization and ecologization of municipal energy of ukraine // Environmental problems, 2024. – Volume 9, Number 4 С. 199-203.

15. Норми та інструкції щодо нормування витрати палива та теплової енергії для опалення житлових та громадських будівель, а також для комунально-побутових потреб в Україні. КТМ 204 Україна 244-94.

16. "Методика визначення нераціонального (неефективного) використання паливно-енергетичних ресурсів", затверджена наказом НАЕР від 13.12.2006 № 89.

17. Енергія вітру та як вона працює [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://saee.gov.ua/uk/ae/windenergy>

18. Сонячна енергія та як вона працює [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://avenston.com/articles/solar/>

19. Сонячна система та як вона працює [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://vencon.ua/articles/how-this-geliosistm-works>

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Аналіз ефективності природоохоронних енергоощадних технологій в сфері теплозабезпечення приватних будинків

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

Підрозділ кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 24,00%

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

зав. каф. ЕХТЗД Іщенко В.А.

(прізвище, ініціали, посада)

доц. каф. ЕХТЗД Васильківський І.В.

(прізвище, ініціали, посада)

(підпис)

(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Матусяк М.В.
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник

Полив'янчук А. П.

Здобувач

Кобець М.П.

ДОДАТОК Б



Рисунок Б.1 – Принцип дії системи «розумного» опалення

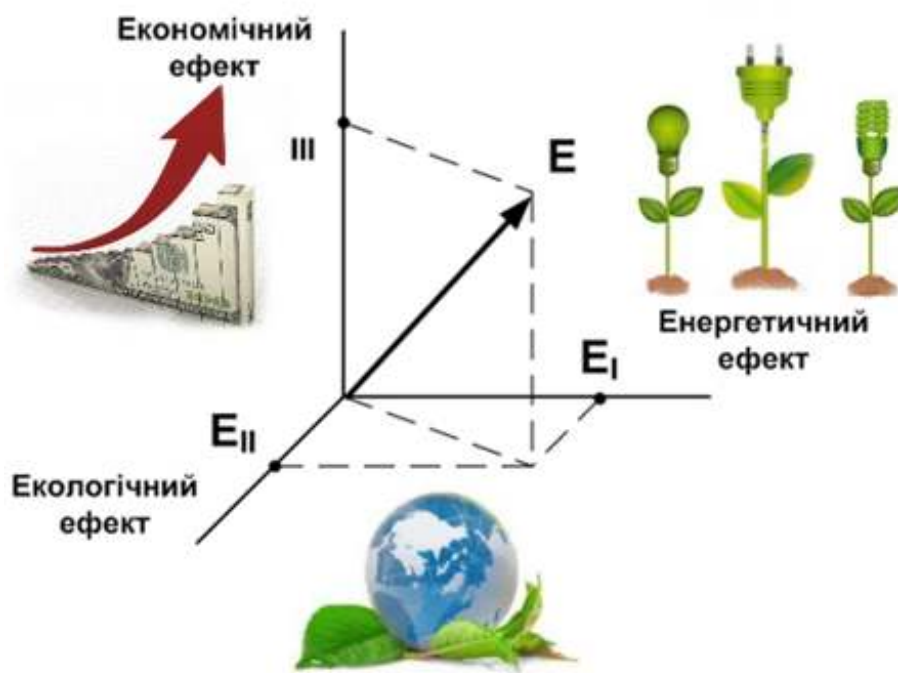


Рисунок Б.2 – Схема комплексної оцінки ефективності енергозберігаючих заходів



Рисунок Б.3 – Загальний вигляд об'єкту досліджень – типового приватного будинку



Рисунок Б.4 – Втрати теплової енергії через огорджувальні конструкції приватного будинку

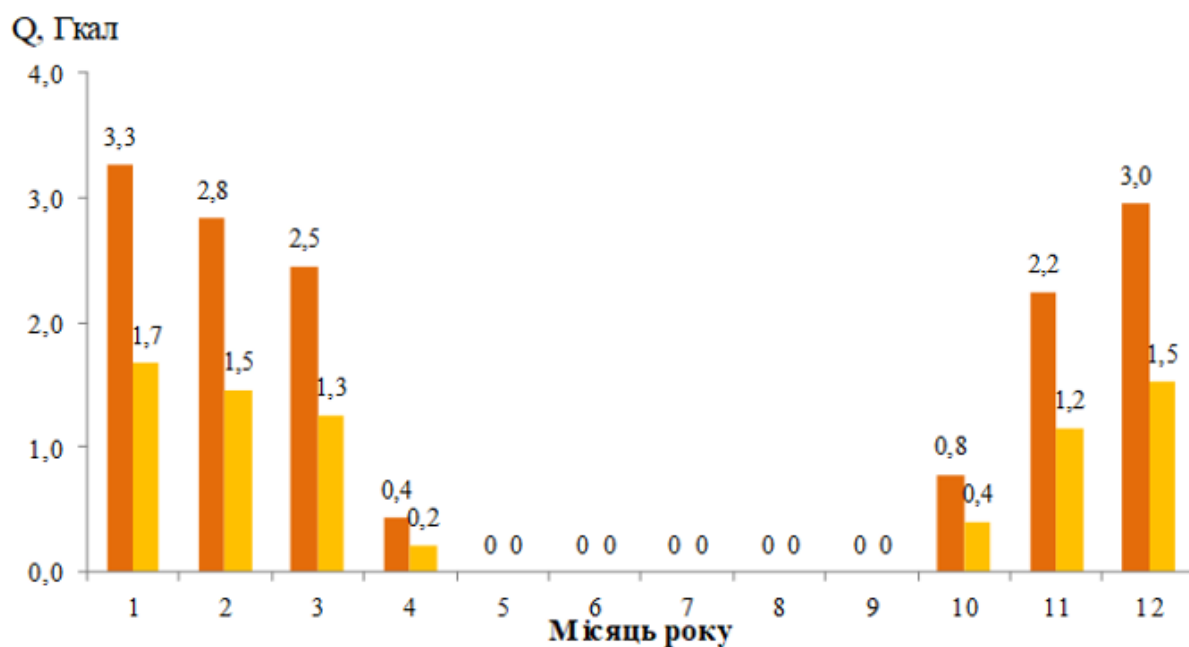


Рисунок Б.5 – Оцінка енергетичної ефективності термомодернізації огорджувальних конструкцій приватного будинка