

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології, хімічної технології та захисту довкілля

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИВАТНИХ ОДНОКВАРТИРНИХ
БУДИНКІВ»**

Виконав: студент групи Еко-22м
спеціальності 101 – «Екологія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Левчук Н.Д.

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор кафедри ЕХТЗД

Петрук Р.В.

(прізвище та ініціали)

Опонент: д.х.н., професор кафедри ЕХТЗД

Гордієнко О.А.

(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕХТЗД
к.т.н., проф. Іщенко В.А.

(прізвище та ініціали)

«13» грудня 2023 р.

Вінниця – 2023 року

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Вінницький національний технічний університет
Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Екології, хімії та технологій захисту довкілля
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 10 «Природничі науки»
Спеціальність – 101 – «Екологія»
Освітньо-професійна програма – "Екологія"

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
Завідувач кафедри ЕХТЗД
Іщенко В.А.
 2023 року

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Левчуку Назару Дмитровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)



1. Тема роботи «Розробка заходів екологічної безпеки термомодернізації приватних одноквартирних будинків»
керівник роботи Петрук Роман Васильович
затверджені наказом вищого навчального закладу від «18» вересня 2023 року №247
2. Строк подання студентом роботи «13» грудня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: Теплопровідність будівельних матеріалів, графік температури протягом 2021 року, характеристики теплового насосу.
4. Зміст текстової частини:
 1. Основні поняття та принципи екологічної безпеки
 2. Аналіз сучасного стану приватних одноквартирних будинків
 3. Технологічні підходи до термомодернізації

4. Розробка заходів екологічної безпеки для термомодернізації
5. Економічний ефект від впровадження заходів термомодернізації

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Енергоємність економік країн
2. Залежність теплопровідності ізоляційного матеріалу від його щільності.
3. Потенціал галузі відновлюваних джерел енергії в Україні
4. План квартири
5. Графік температури протягом 2021 року.

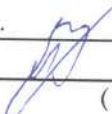
6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | виконання прийняв |
| 5. Економічний ефект від впровадження заходів термомодернізації | Краєвська Алла Станіславівна |  |  |

7. Дата видачі завдання «18» вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Прим |
|-------|--|-------------------------------|------|
| 1. | Літературний огляд та аналіз понять та принципів екологічної безпеки при будівництві | 30.09.2023 | |
| 2. | Проаналізовано сучасний стан приватних одноквартирних будинків | 15.10.2023 | |
| 3. | Досліджено технологічні підходи до термомодернізації | 31.10.2023 | |
| 4. | Проаналізовано заходи екологічної безпеки для термомодернізації | 15.11.2023 | |
| 5. | Розраховано економічний ефект від впровадження заходів термомодернізації | 30.11.2023 | |
| 6. | Підготовка висновків, додатків і переліку літератури. | 13.12.2023 | |

Студент  Левчук Н. Д.
(підпис)

Керівник роботи  Петрук Р. В.
(підпис)

ВІДГУК
наукового керівника
на магістерську кваліфікаційну роботу
студента групи ЕКО-22м Левчука Н.Д.
на тему "РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИВАТНИХ ОДНОКВАРТИРНИХ
БУДИНКІВ"

Тема "Сучасні методи термомодернізації приватних одноквартирних будинків" є вкрай важливою у сучасних умовах, оскільки енергоефективність та теплозбереження стають пріоритетними завданнями в будівельній галузі. Застосування новітніх методів термомодернізації є ключовим елементом стратегій по зменшенню викидів CO₂, підвищенню комфорту проживання та економії енергоресурсів.

Отже, дана тема має велике значення в контексті сучасних екологічних, економічних та соціальних викликів у галузі будівництва.


У процесі виконання магістерської кваліфікаційної роботи студент Левчук Н.Д. виконав літературний пошук та аналіз даних щодо стану приватних одноквартирних будинків та їх енергоефективності. На основі цих даних було досліджено та розроблено заходи екологічної безпеки для термомодернізації приватних одноквартирних будинків.

Пояснювальна записка має обґрунтовальний стиль написання. Робота оформлена відповідно до вимог діючих стандартів. Матеріали відповідають об'єкту дослідження.

Під час роботи над магістерською кваліфікаційною роботою студент Левчук Н.Д. вияв самостійність при вирішенні поставленого завдання, вміння працювати з фаховою літературою, володіє достатніми знаннями з екологічних дисциплін та комп'ютерної техніки.

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

Керівник роботи,
д.т.н., професор кафедри ЕХТЗД


Р. В. Петрук

**ВІДГУК
опонента**

**на магістерську кваліфікаційну роботу
студента групи ЕКО-22м Левчука Н.Д.
на тему "РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ
ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИВАТНИХ ОДНОКВАРТИРНИХ
БУДИНКІВ"**

Обробка аналітичних даних з метою їх аналізу та представлення результату і формування відповідних висновків, раціональне представлення результатів аналізу є актуальною задачею.

Вихідних даних для виконання роботи цілком достатньо. Практичні рекомендації та висновки є обґрунтованими. В роботі присутній багатосторонній аналіз об'єкта дослідження (таблиці, рисунки, формули).

Прийняті рішення достатньо обґрунтовані, враховано фактори безпеки життєдіяльності.

У магістерській кваліфікаційній роботі проаналізовано екологічну безпеку стану приватних одноквартирних будинків, розроблено заходи підвищення їх енергоефективності та екологічної безпеки.

Магістерська кваліфікаційна робота має практичне використання та достатній пізнавальний і навчальний рівень.

Пояснювальна записка оформлена відповідно до діючих стандартів, рішення та рекомендації подані обґрунтовано. Ілюстративний матеріал, представлений у даній роботі, відображає основний зміст роботи, оформлений згідно діючих стандартів і відповідає об'єкту дослідження.

Магістерська кваліфікаційна робота має практичну цінність, так як містить аналітичні дослідження щодо стану енергоефективності житлово-комунального комплексу, що дає можливість розробляти заходи екологічної безпеки термомодернізації приватних будинків.

Для більш детальної оцінки ефективності використання сонячної панелі варто було б привести графік ефективності сонячної панелі протягом року, залежно від тривалості світлового дня та погодних умов.

Магістерська кваліфікаційна робота у цілому виконана на високому рівні і заслуговує на оцінку відмінно.

Опонент


(підпис)

О.А. Гордієнко, к.т.н., доцент

АНОТАЦІЯ

УДК 504

Левчук Н.Д. «Розробка заходів екологічної безпеки термомодернізації приватних одноквартирних будинків». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 101 – «Екологія», освітня програма – «Екологія». Вінниця: ВНТУ, 2023. 88 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 21 назва; рис.: 17; табл.: 11.

Магістерська кваліфікаційна робота розглядає актуальну проблему термомодернізації приватних будинків у контексті підвищення їхньої енергоефективності. За допомогою аналізу сучасних методів і технологій, автор досліджує можливості оптимізації систем опалення, ізоляції, вентиляції та інших аспектів будинку з метою зниження споживання енергоресурсів і покращення комфорту проживання.

У роботі проводиться обґрунтування важливості термомодернізації приватних будинків з урахуванням сучасних тенденцій в галузі екології та енергозбереження. Досліджуються різні методи і матеріали для удосконалення теплоізоляції, а також системи керування енергоспоживанням в будинках.

Магістерська кваліфікаційна робота містить аналіз і порівняння різних підходів до термомодернізації, враховуючи їхню вартість та результати в області енергозбереження. Висновки та рекомендації, надані в роботі, сприятимуть підвищенню ефективності термомодернізації приватних будинків і споживанням енергоресурсів, що робить цю роботу важливою для власників приватних будинків та спеціалістів в галузі будівництва та енергоефективності.

ABSTRACT

UDC 504

Levchuk N.D. "Development of environmental safety measures for thermal modernization of private single-family houses." Master's qualification work on specialty 101 - "Ecology", educational program - "Ecology". Vinnytsia: VNTU, 2023. 88 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 21 titles; Fig.: 17; tab.: 11.

The thesis examines the actual problem of thermal modernization of private houses in the context of increasing their energy efficiency. Using the analysis of modern methods and technologies, the author explores the possibilities of optimizing heating systems, insulation, ventilation and other aspects of the house in order to reduce energy consumption and improve living comfort.

The work provides a rationale for the importance of thermal modernization of private houses, taking into account modern trends in the field of ecology and energy saving. Various methods and materials are being studied for improving thermal insulation, as well as energy consumption control systems in buildings.

The thesis contains an analysis and comparison of different approaches to thermal modernization, taking into account their cost and results in the field of energy saving. The conclusions and recommendations presented in the work will contribute to increasing the efficiency of thermal modernization of private houses and the consumption of energy resources, which makes this work important for owners of private houses and specialists in the field of construction and energy efficiency.

ЗМІСТ

| | |
|---|-----------|
| ВСТУП..... | 5 |
| 1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ПРИНЦИПИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ..... | 7 |
| 1.2 Термомодернізація та її значення для збереження енергоресурсів | 10 |
| 2 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРИВАТНИХ ОДНОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ..... | 15 |
| 2.1 Аналіз стану енергоефективності існуючих житлових будівель ... | 15 |
| 2.2 Використання ресурсів та енергоносіїв, викиди парникових газів | 18 |
| 3 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ | 25 |
| 3.1 Аналіз енергоефективних матеріалів для термомодернізації..... | 25 |
| 3.2 Використання альтернативних джерел енергії | 31 |
| 3.3 Системи управління енергоспоживанням | 49 |
| 4 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДЛЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ..... | 52 |
| 4.1 Сучасні методи теплової ізоляції | 52 |
| 4.2 Розрахунок тепловтрат однокімнатної квартири до термомодернізації..... | 59 |
| 5 ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИВАТНОГО ОДНОКВАРТИРНОГО БУДИНКУ | 69 |
| 5.1 Економічний ефект від впровадження заходів термомодернізації..... | 69 |
| ВИСНОВКИ | 77 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 78 |
| ДОДАТОК А..... | 83 |
| ДОДАТОК Б..... | 84 |

ВСТУП

Актуальність. Тема "Сучасні методи термомодернізації приватних одноквартирних будинків" є вкрай важливою у сучасних умовах, оскільки енергоефективність та теплозбереження стають пріоритетними завданнями в будівельній галузі. Застосування новітніх методів термомодернізації є ключовим елементом стратегій по зменшенню викидів CO₂, підвищенню комфорту проживання та економії енергоресурсів. Деякі ключові аспекти, які роблять цю тему актуальною:

– Стратегії зменшення споживання енергії: Завдяки росту усвідомленості щодо змін клімату та стійкості енергопостачання, держави та компанії шукають способи зменшити споживання енергії у будівництві, зокрема, шляхом модернізації існуючих будівель.

– Енергоефективність як економічно вигідна стратегія: Зниження витрат на опалення та кондиціювання повітря дозволяє власникам будинків значно економити гроші в довгостроковій перспективі.

– Новітні технології в будівельній сфері: Сучасні методи термомодернізації включають в себе використання інноваційних матеріалів, технологій утеплення, ефективних систем опалення, що робить їх предметом інтенсивного дослідження та впровадження.

– Стимулювання державної політики: Багато країн впроваджують законодавчі та фінансові інструменти для підтримки енергоефективних заходів у будівництві. Це включає податкові кредити, субсидії та інші заходи, що стимулюють власників будинків та будівельних розробників до впровадження термомодернізації.

– Забезпечення комфортного проживання: термомодернізація також спрямована на поліпшення якості життя мешканців, забезпечуючи комфортне та енергоефективне середовище.

Отже, магістерська кваліфікаційна робота з теми "Сучасні методи термомодернізації будинків" має велике значення в контексті сучасних екологічних, економічних та соціальних викликів у галузі будівництва.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дана робота виконувалась відповідно науковому напрямку кафедри екології та екологічної безпеки ВНТУ та Стратегії сталого розвитку України – 2030.

Завдання роботи. Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз сучасного стану приватних одноквартирних будинків.
2. Проаналізувати методи використання джерел альтернативної енергії в приватних будинках.
3. Дослідити сучасні методи термомодернізації приватних будинків.
4. Обґрунтувати економічний ефект від впровадження методів термомодернізації.

Об'єкт досліджень – приватна однокімнатна квартира.

Предмет досліджень – загальні тепловтрати квартири та витрати енергії на її опалення та кондиціонування.

Новизна одержаних результатів. Удосконалено системи управління енергоспоживанням будинку, що на відміну від відомих дозволяють впроваджувати автоматизацію у всі аспекти контролю термозалежності будинку, що дозволить перетворити будинок на енергоефективний, зменшити викиди в довкілля та підвищити екологічну безпеку.

Апробація результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

Викладені у МКР положення доповідались на науково-технічній конференції «Енергоефективність в галузях економіки України – 2023».

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи.

1. Левчук Н.Д., Петрук Р.В. озробка заходів екологічної безпеки термомодернізації приватних одноквартирних будинків. «Енергоефективність в галузях економіки України – 2023», 2023.

Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/egeu/egeu2023/paper/view/19572>

1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ПРИНЦИПИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

1.1 Принципи екологічної безпеки

Екологічне, або "зелене", будівництво базується на принципах збереження енергії та охорони навколишнього середовища. Для досягнення цих цілей рекомендується підвищувати енергоефективність будівлі, мінімізувати витрати енергії, використовувати відновлювальні джерела енергії, такі як вітер і сонце, і застосовувати екологічно безпечні будівельні матеріали та технології. Головна мета зеленого будівництва полягає в створенні комфортних і безпечних умов для проживання в будівлях. Такий підхід дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля під час будівництва і експлуатації будівель, а також знизити витрати на їх обслуговування, забезпечуючи при цьому високий рівень комфорту для мешканців. За останні 10–15 років зелене будівництво стрімко розвивається і користується все більшою популярністю в усьому світі [1].

Перші будинки, побудовані з використанням екологічно чистих матеріалів та технологій, з'явилися в Північній Америці в 1970–х роках. Проте вони не одразу стали популярними. Початково головною метою будівництва таких екобудинків було продемонструвати їхню ефективність і переваги.

Активний розвиток зеленого будівництва отримав поштовх завдяки підтримці принципів екологічного будівництва на рівні державної влади. Уже в 1990–х роках були розроблені перші стандарти для зелених будівель, такі як британська система BREEAM і американська система LEED, які визначили нові стандарти у будівництві.

У 2002 році була створена Всесвітня рада з екологічного будівництва (World Green Building Council) з метою впливу на міжнародний ринок нерухомості і впровадження екологічних систем оцінки будівель. Вона

також розробляє спеціальні освітні програми та сприяє розповсюдженню ідей екологічного будівництва по всьому світу [2,3].

Основні принципи екологічного будівництва:

Використання екологічно чистих матеріалів:

– Принцип передбачає використання будівельних матеріалів, які не завдають значного збитку навколишньому середовищу під час їх виробництва, використання та утилізації. Це можуть бути матеріали з високою відновлюваністю, такі як деревина з лісів з відновленням або рецикльовані матеріали, наприклад, скло або метал.

Енергоефективність:

– Включає в себе заходи для максимізації ефективного використання енергії в будівлі. Це може охоплювати утеплення будівлі, використання вікон та дверей з високою теплоізоляцією, а також встановлення енергоефективних систем опалення та кондиціонування.

Використання відновлюваних джерел енергії:

– Включає в себе використання джерел енергії, які не вичерпуються та не завдають негативного впливу на навколишнє середовище. Це може бути встановлення сонячних батарей, вітрогенераторів або геотермальних систем.

Зменшення викидів та забруднення:

– Передбачає вжиття заходів для зменшення кількості шкідливих речовин та викидів в атмосферу під час будівельних робіт. Це може включати в себе використання екологічно чистих технологій та процесів будівництва.

Ефективне використання ресурсів:

– Цей принцип передбачає раціональне використання будівельних матеріалів та ресурсів з метою мінімізації втрат та забруднення. До цього входить вибір оптимальних матеріалів, використання перероблених або відновлюваних ресурсів.

Системи управління енергоспоживанням:

– Включає в себе використання сучасних систем для автоматизації та оптимізації споживання енергії у будинку. Це може охоплювати автоматичний контроль опалення, освітлення та інших систем для забезпечення оптимальної ефективності.

Зелене будівництво:

– Цей принцип враховує всі аспекти екології під час проектування, будівництва та експлуатації будівлі. Враховуючи вплив на природу та соціальне середовище, метою є максимізація позитивного впливу та мінімізація негативного впливу будівництва.

Матеріали для екологічного будівництва:

– Глина, солома або їх сучасний аналог – тріска. Використання цих матеріалів – це не просто модний тренд, це перевірені поколіннями компоненти, які знову здобули популярність завдяки появі екобудинків.

– "Геокар" – унікальний будівельний матеріал, який з'явився нещодавно. Він складається з переробленого торфу, деревної стружки та соломи. Торф діє як антисептик. "Геокар" вражає своєю доступною ціною, високою теплоізоляцією та тривалим терміном служби. Крім того, він ефективно поглиблює шуми та поглиблення. У будинках з "Геокар" завжди свіже та чисте повітря, комфортно влітку та затишно взимку.

– Керамзитобетон – легкий матеріал, основа якого – випалена глина. Виробництво цього матеріалу не використовує хімічні речовини.

– Деревина – екологічно чистий матеріал, який не викликає сумнівів (за умови екологічної заготівлі). Проте обробка деревини часто не є екологічно дружньою. Рекомендується використовувати натуральні фарби, такі як водно-емульсійні або акрилові, та уникати антипіренів та антисептиків на користь безпечних "дідівських" методів, наприклад, обмазування глиною.

– Суміш глини та тріски (соломи) для утеплення будівель.

– Очерет – екологічно дружній матеріал, який використовується для зовнішнього облицювання екобудинків (штукатурка на основі очеретяних плит) та як покрівельний матеріал для даху [4].

Ці принципи є фундаментальними у забезпеченні екологічної безпеки у будівництві та спрямовані на створення сталого та екологічно безпечного житлового середовища. Однак, їх ефективна реалізація вимагає комплексного підходу та врахування різноманітних факторів, включаючи місцеві особливості, регулюючі стандарти та технічні можливості [5].

1.2 Термомодернізація та її значення для збереження енергоресурсів

Україна володіє однією з найбільш енерговитратних економік у Європі. Майже половину загального обсягу енергії в країні використовує сектор житлово–комунального господарства, який тривалий час залишається застарілим і потребує суттєвого оновлення [6].

За даними Програми Розвитку Об'єднаних Націй (ПРООН) в Україні, через відсутність заходів щодо підвищення енергоефективності будівель, тепловтрати можуть сягати до 47% [7].

За інформацією Європейсько–українського енергетичного агентства, впровадження теплодернізації та капітального ремонту в будівлях може призвести до зменшення річного споживання енергії та втрат на рівні від 10% до 25%. Взагалі в Україні існує потенціал для скорочення витрат енергії на 75%. Це вимагає активізації не лише законодавчої бази, але і показу успішних прикладів міст та сіл, які вже успішно модернізували свої системи енергозабезпечення [8].

Як ілюстрація можна привести приклад Жовкви, історичного міста в Львівській області. За підтримки коштів Європейського Союзу, місцева влада провела модернізацію місцевої котельні, і вже протягом двох років з моменту старту цього проекту місто зекономило близько 7 мільйонів гривень.

Жовква прийняла рішення повністю відмовитися від використання природного газу. Нова котельня використовує тирсу і відходи від деревообробки, замість газу. Дані рішення надали місту можливість значно скоротити свій газовий споживання. Упродовж зимового сезону майже половина тепла в місті була здобута з альтернативних джерел, завдяки спалюванню подрібненої деревини. Після завершення запланованих заходів з підвищення енергоефективності, ця цифра підніметься до 60%. Місто Жовква також впроваджує активну роботу з місцевою громадою з метою популяризації культури раціонального використання ресурсів, а навіть готове компенсувати до 70% вартості проектів з підвищення енергоефективності, якщо мешканці міста створять об'єднання співвласників багатоквартирних будинків та запустять цей процес.

Містечку вдалося залучити понад мільйон євро фінансової підтримки від ЄС для впровадження енергоефективних проектів. Ця сума фактично рівнозначна двом річним бюджетам Жовкви.

Протягом останніх кількох років у місті розпочато впровадження трьох великих проектів, що фінансуються Європейським Союзом. В рамках цих ініціатив були проведені енергоаудити для понад 30 будівель, проведено часткову заміну застарілої тепломережі, впроваджено модернізацію котельень, які працюють на твердому паливі, здійснено термомодернізацію двох дитячих садочків та облаштовано енергоефективний клас в школі, серед інших заходів.

В приміщенні Жовківської міської ради розміщена карта, на якій позначені всі заходи у сфері енергоефективності, що були реалізовані впродовж останніх кількох років. Додатково, щоб забезпечити системність у роботі, ще у 2013 році була створена посада енергоменеджера. Жовква була однією з перших міст в Україні, яка підписала "Угоду мерів", що є ініціативою, що підтримує місцеве самоврядування у зменшенні використання енергоресурсів та скороченні викидів вуглекислого газу. В рамках цієї угоди у

Жовкві був розроблений стратегічний план розвитку міста в енергетичній сфері – План дій зі сталого енергетичного розвитку до 2020 року.

Для вдосконалення системи теплопостачання у Жовкві було використано одну з газових котелень, що була в резерві, і ще одну закрили. Головна стратегія передбачала об'єднання всіх котелень в єдину мережу. Однак виникла складність: тепломережа повинна була проходити через центральну частину міста, яка є архітектурною пам'яткою.

Одна з котелень вже мала в своєму складі котел, який працював на відходах деревини. У межах проекту було встановлено ще два котли, і заплановано встановити ще один, потужністю вдвічі більший. Уся необхідна технічна апаратура вже була придбана. Це дозволило виділити третю газову котельню в резерв, залишивши в Жовкві лише дві великі котельні.

Опалювальна система була підключена до Інтернету, і директор може віддалено керувати всіма процесами та налаштовувати параметри. В котельні все було повністю автоматизовано. На комп'ютері була встановлена SCADA-система, яка слідкує за всіма параметрами. Оператор втручається лише у випадку виникнення несправностей.

Подача палива відбувалася в автоматичному режимі. Подрібнену деревину завантажували в спеціальний бункер за допомогою навантажувача, після чого вона автоматично подавалася до котлів за допомогою конвеєра.

Поруч з котельнею, яка працює на твердому паливі, розташована запасна газова котельня, яка автоматично включається лише під час надзвичайно сильних морозів. Але її потужності вистачає, щоб забезпечити теплом всіх споживачів у разі аварії на основній котельні. Раніше частка опалення деревиною в цій котельні складала близько 15%, проте за результатами першого опалювального сезону цей показник зріс до 93%. У минулу зиму саме ця котельня зекономила майже 500 тисяч кубічних метрів газу. В межах проекту "Розумне енергоспоживання для добробуту громад Львівщини" в Жовкві було проведено енергоаудит усіх 25 бюджетних установ, 5 комунальних житлових будинків та енергомереж. Також були визначені

заходи, які потрібно впровадити для економії енергоресурсів. Щороку в Жовкві проводять Дні енергії з метою популяризації енергоефективних заходів серед мешканців та підвищення екологічної свідомості. Організують виставки енергоефективних технологій, де запрошують виробників для ознайомлення мешканців. Одна з таких подій відбудеться 30 вересня в рамках святкування Дня міста. У Жовкві не втомлюються вдосконалювати системи опалення та будівель, а також просвітницьку роботу з населенням. Мер міста висуває амбітну мету – досягти повної незалежності від енергоресурсів.

Один із прикладів – Донецька область, де проводиться модернізація енергетичної інфраструктури соціальних установ, за підтримки Програми розвитку Організації Об'єднаних Націй (ПРООН). Встановлення нових котлів, які працюють на аграрній біомасі, у лікарнях, школах і садках в смт. Черкаське Слов'янського району Донецької області призведе до значних економічних вигід та зменшення споживання енергоресурсів. У рамках цього проекту вже успішно встановлено 12 котлів на аграрну біомасу в різних областях, таких як Житомирська, Київська, Черкаська і Донецька.

На момент завершення 2017 року використання відновлюваних джерел енергії становило лише 6,7% від загального обсягу використання енергоресурсів в Україні. Однак у 2018 році очікується покращення ситуації завдяки значному зростанню кількості встановлених "зелених" джерел енергії – втричі більше, ніж у 2017 році. Не дивлячись на це поліпшення, частка відновлюваних джерел енергії в Україні залишається досить невеликою в порівнянні з країнами-членами Європейського Союзу, де кліматичні умови схожі. У Європейському Союзі на 2017 рік частка використання відновлюваних джерел енергії, таких як вітер, сонце та біомаса, становила 20,9%, і планується збільшити її до 32% до 2030 року.

Згідно з Національним планом дій з відновлюваної енергетики до 2020 року, Україна повинна забезпечити 11% своїх енергетичних потреб за рахунок використання відновлюваних джерел. Крім цього, до 2035 року частка "зеленої" енергії в загальному первинному постачанні повинна скласти 25%.

Користування сонячною енергією набуває все більшого значення для українських громадян, особливо у світлі наступних переваг. Згідно із даними Державного агентства з питань енергоефективності та енергозбереження України, сонячні електростанції вже постачають електроенергією 7450 домогосподарств, і більшість з них було встановлено протягом 2018 року. Для порівняння, у кінці 2014 року тільки 20 сімей по всій Україні користувалися власними сонячними електростанціями. Крім того, окрім очевидних екологічних переваг, українці мають можливість продавати електроенергію, що виробляється сонячними електростанціями потужністю до 30 кВт, за привабливими тарифами, що стимулює використання "зеленої" енергії. У першому читанні в 2018 році був прийнятий законопроект, який передбачає збільшення максимальної потужності "домашніх" сонячних електростанцій до 50 кВт.

2 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРИВАТНИХ ОДНОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ

2.1 Аналіз стану енергоефективності існуючих житлових будівель

Сучасний стан житлової сфери України описується як складний та багатогранний процес реформування, що виявляється важливим для адаптації цієї галузі до сучасних економічних умов. Однак, проблеми у сфері житловокомунального господарства набувають особливої актуальності. Зокрема, це пов'язано із значним зростанням вартості енергетичних ресурсів протягом останніх років. Протягом років незалежності, держава не прийняла ефективних заходів щодо поліпшення технічного стану житлового фонду, часто вибираючи популістські обіцянки, які часто були нереалістичними. Це призвело до серйозного запущеності житлового фонду та зношування інфраструктури житлово-комунального господарства [9].

Основні невирішені проблеми у житловій сфері, які залишаються актуальними й досі, включають:

- Житловий фонд України характеризується низькою якістю, включаючи значний обсяг застарілих та аварійних об'єктів.
- В житлово-комунальному господарстві відсутні ефективні реформи, включаючи необхідні зміни в системі управління житловими об'єктами, що призводить до постійного погіршення їх стану.

Розглянемо ці проблеми більш детально.

Стан житлового фонду України характеризується високою присутністю застарілих та аварійних об'єктів, що потребують невідкладного капітального ремонту. Приблизно 40% усього житлового фонду країни становлять багатоквартирні житлові будинки, в яких проживає понад 47% населення. З цих будинків, 80% вимагає повної чи часткової модернізації та значного підвищення енергоефективності. Для реалізації необхідних заходів, за оцінками експертів, потрібно наблизитися до 50 мільярдів доларів [10].

Основні причини цього становища включають:

– Застаріла система управління багатоквартирним житловим фондом, де 95% квартир є приватною власністю, проте функція управління будинком залишається в компетенції комунальних підприємств. Створення організацій співвласників (ОСББ) не завжди вирішує цю проблему.

– Відсутність ефективного засобу прийняття рішень щодо спільного майна у багатоквартирному будинку, де не було утворено організацію співвласників (ОСББ), представляє собою проблему. Згідно з чинним законодавством, для прийняття будь-якого рішення потрібна повна згода всіх співвласників, що часто є неефективним.

– Співвласники багатоквартирного будинку не можуть отримати кредит. Поточна організаційно-правова форма ОСББ не дозволяє їм бути привабливим кредитором. У будинках, де ОСББ не створено, немає можливості залучити кредитні кошти.

– Надія на масове створення ОСББ та делегування основних функцій з управління житловим фондом не завжди виправдала себе. ОСББ мали бути механізмом для прийняття рішень співвласниками, але це не завжди відбулося.

– Наразі відсутній будь-який механізм державної підтримки у даній сфері.

Досвід країн Центральної Європи показує, що найоптимальнішим способом виходу з кризи та модернізації житлового фонду в найкоротший строк є залучення співвласників до комерційного кредитування, яке поєднується з державною програмою підтримки. Унаслідок відсутності системного розвитку житлового законодавства сучасний стан житлового сектору можна описати так [11]:

– Приватизація житла не супроводжувалася відповідною правовою концепцією для управління приватизованим житлом та стратегією фінансування капітального ремонту, що вплинуло на спосіб, яким мешканці забудови утримують своє житло.

– Земельні ділянки надавались для будівництва багатоквартирних житлових будинків інвесторам незаконно, без належної концепції договірних угод щодо інвестицій та системи, яка б забезпечувала виконання зобов'язань забудовниками.

– Відсутність ефективних стимулів для мешканців багатоквартирних житлових будинків, а також для приватних інвесторів, які інвестують кошти в термомодернізацію житлового фонду та заходи з підвищення енергоефективності, набуває особливої важливості на тлі постійного зростання вартості енергетичних ресурсів.

Відсутність державного рішення приведених вище проблем має тенденцію до заглиблення та погіршення. На сьогоднішній день ситуація дуже критична, і необхідно негайно вживати невідкладних заходів. Багато позитивних змін в нашій країні, як це зазвичай трапляється, виникали внаслідок ініціативних кроків знизу, тобто від свідомих громадян–мешканців багатоквартирних будинків. Зростає свідомість громадян про їхнє власне володіння житлом і активізація протесту проти низького рівня обслуговування соціальними службами. З'являється все більше активних громадян, які формують ОСББ у своїх будинках та розвивають комплексні програми термомодернізації для зменшення тепловтрат [12].

У контексті глобалізації соціально–економічних процесів у кожній країні найважливішим завданням є гарантування енергетичної безпеки. Це стає особливо важливим у зв'язку зі зменшенням запасів енергоресурсів. Для України та країн Європейського Союзу ця проблема набуває особливого значення, оскільки обидві території мають низькі резерви енергоресурсів, що становить загрозу національній безпеці [13].

2.2 Використання ресурсів та енергоносіїв, викиди парникових газів

Цільова необхідність забезпечення енергетичної безпеки України підкреслюється у президентській Програмі економічних реформ на 2010 – 2014 роки "Заможне суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава" та в Енергетичній стратегії України на період до 2035 року. У цих умовах вирішення проблеми підвищення ефективного використання енергоресурсів, енергозбереження та зменшення негативного впливу енергетики на довкілля стає актуальною, особливо для житлово–комунального господарства країни. Цей сектор є одним з найбільш енергоефективних і вносить суттєвий внесок у викиди CO₂, з витратами котельнопідного палива, які складають 65–70% від загальної кількості. Наприклад, у 2005 році витрати на паливо становили 100,6 млн.т, що призвело до викидів 324,9 млн.т CO₂ [14].

Середньорічна потреба вітчизняного ЖКГ у паливі для теплового забезпечення житлових та громадських будівель становить близько 2200 мільйонів гігаджоулів. Економічно доцільно і технічно можливо знизити цю кількість на 800 мільйонів гігаджоулів. Це спричинить зменшення обсягу викидів CO₂ в атмосферу.

Підприємства ЖКГ щорічно споживають 8 мільярдів кіловат–годин електроенергії та 10 мільярдів кубічних метрів природного газу. На опалення житлового фонду витрачається понад 70 мільйонів тонн еквіваленту палива, що майже в три рази більше, ніж в країнах Європейського Союзу [15].

У 1993 році в Україні введено нові норми теплового захисту житлових будинків, а з 1 квітня 2007 року набули чинності норми нового покоління ДБН В.2.6–31:2006 "Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель". Ці стандарти відповідають вимогам Європарламенту щодо енергоефективності будівель. Зокрема, за новими стандартами, в теплоізовьованому будинку втрати тепла через вікна на 13%, через стіни – на 24% нижчі, ніж у будинках, побудованих до 1994 року [16].

Проте є певні негативні аспекти. По–перше, більшість вітчизняного житлового фонду була споруджена до 1994 року, і аналіз показав, що втрати тепла через зовнішні стіни складають близько 30%, підвальні та горищні перекриття – 10%, віконні та дверні прорізи – до 30%. По–друге, незважаючи на впровадження змін нормативних вимог до теплоізоляції, вітчизняні норми залишаються одними з найнижчих серед країн Європи. Порівняльний аналіз норм України та ЄС стосовно опору теплопередачі огорожувальних конструкцій наведений у таблиці 2.1 [17].

Таблиця 2.1 – Аналіз норм опору теплопередачі огорожувальних конструкцій

| Країна | Опір теплопередачі, м ² С/Вт | | | | Питомі тепловтрати кВТ×год/м ² |
|------------|---|----------|------------|-------|---|
| | Стіни | Покриття | Перекриття | Вікна | |
| Україна | 2,8 | 3,3 | 3,3 | 0,6 | 90–180 |
| Німеччина | 5,0 | 5,8 | 3,5 | 0,7 | 30–70 |
| Литва | 3,33 | 5,5 | 4,0 | 0,52 | – |
| Данія | 3,3 | 5,0 | 3,4 | 0,4 | 55 |
| Фінляндія | 3,5 | 4,5 | 4,5 | 0,47 | – |
| Польща | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 0,5 | 70–100 |
| Словаччина | 3,1 | 5,0 | 5,0 | 0,59 | 30–100 |
| Канада | 3,2–4,1 | 6,6 | 6,6 | 0,6 | 30–70 |

В житловому фонді країн Європи споживання енергії різниться за наступними критеріями:

- Західна Європа: від 150 до 260 кВТ*год/м².
- Скандинавія: від 120 до 150 кВТгод/м², та від 60 до 80 кВТгод/м² для енергоефективних будинків.
- Східна Європа, включаючи Україну: від 250 до 400 кВТ*год/м².

Отже, український житловий фонд потребує суттєвого зменшення нераціонального споживання енергоресурсів. Зазначимо, що коефіцієнт енергоемності ВВП України складає 0,89 кг у.п/\$ США, що в 2,6 рази вище середньосвітового рівня. Це свідчить про необхідність впровадження нових

технологій та систем обліку споживання енергоресурсів для досягнення передбачуваного рівня на 2030 рік (0,36 кг у.п/\$ США). Проте на сьогоднішній день матеріально–технічна база ЖКГ, з урахуванням темпів її деградації, не може навіть наближено досягти подібних значень енергоємності [18].

Досвід багатьох країн свідчить, що лише комплексна термомодернізація наявного житлового фонду може суттєво зменшити витрати енергоресурсів. За розрахунками експертів, повноцінна модернізація будівлі може в кінцевому підсумку призвести до зменшення енергоспоживання навіть на 50%. Міжнародне енергетичне агентство (МЕА) додає, що кожен вкладений долар у енергоефективність приносить 4 долари економії, причому такий проект повністю окупиться приблизно за чотири роки. Враховуючи, що Україна річно використовує близько 92 мільйонів тонн нафтового еквіваленту енергії та має одну з найвищих енерговитратних економік у світі (див. рис. 2.1), це надає можливість для активних дій в цьому напрямі [19].

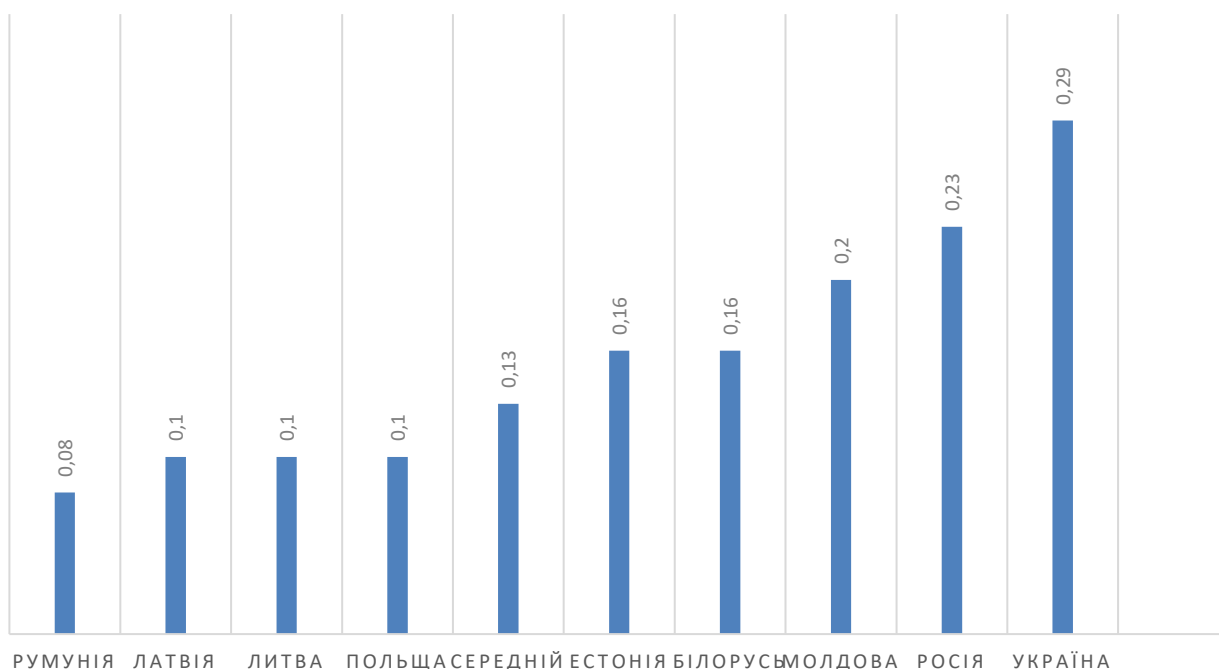


Рисунок 2.1 – Енергоємність економік країн, кг нафтового еквіваленту/\$ ВВП

Для того щоб удосконалити ситуацію, Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово–комунального господарства разом з експертами розробили чотири проекти законів у рамках стратегії підвищення енергоефективності в країні. Нові норми установлюють вимоги до термомодернізації будівель, встановлення засобів обліку та контролю за споживанням енергії, модернізації систем опалення, постачання гарячої води, вентиляції, кондиціонування та освітлення, а також використання відновлюваних джерел енергії на місцевому рівні. Все це передбачено проектом закону "Про енергетичну ефективність будівель" (реєстраційний номер 1566) [20].

Відповідно до цього законопроекту, стосовно нових будівель і при проведенні капітального ремонту та реконструкції існуючих будівель, обов'язково вимагається наявність паспорта, що підтверджує енергетичну ефективність. Законопроект також враховує проведення сертифікації енергетичної ефективності для існуючих будівель з метою визначення реальних показників споживання енергії та оцінки їх відповідності установленим мінімальним стандартам енергоефективності будівель. Цей процес також включає надання рекомендацій щодо підвищення рівня енергетичної ефективності будівлі, з урахуванням місцевих кліматичних умов і технічно–економічних аспектів.

Затвердження цього законопроекту дозволить регулювати відносини, пов'язані з енергетичною ефективністю будівель, відповідно до вимог Директиви про енергетичну ефективність будівель №2010/31/ЄС. Це включає встановлення обов'язкових стандартів енергоефективності для будівель, їх контроль, оформлення паспортів щодо енергетичної ефективності та фінансування заходів з підвищення енергоефективності в будівлях.

Житловий фонд, що включає будинки перших масових серій, побудованих у 60–70–х роках, охоплює близько 72 млн м² та потребує заміни чи реконструкції. По суті, кожен четвертий мешканець проживає в житлах, які потребують відновлення. Мешканці витрачають величезну кількість енергії на

опалення вулиці. У таблиці нижче представлено обсяги ресурсів, які передбачає держава на кожну особу [21].

Таблиця 2.2 – Кількість спожитих природних ресурсів

| Послуга | Норма |
|---|---|
| Норма житла: | |
| Субсидії | 13,65 м ² на особу +35,22 м ² на сім'ю |
| Споживання природного газу: | |
| На опалення | 7 м ³ на 1 м ² площі * кориг. Коеф. (в опалювальний період) |
| На газову плиту (приготування їжі) | 6 м ³ на особу |
| На газову плиту за відсутності гарячого водопостачання і газового водонагрівача(приготування їжі і підігрів води) | 9 м ³ на особу |
| На газову плиту і водонагрівач | 18 м ³ на особу |
| Централізоване водопостачання та водовідведення: | |
| Постачання холодної води | 2,4 м ³ на особу (за наявності централізованого постачання гарячої води), 3 |
| | 4,0 м на особу (за відсутності централізованого постачання гарячої води) |
| Постачання гарячої води | 1,6 м ³ на особу |
| Водовідведення | 4,0 м ³ на особу |

Результати, наведені у таблиці 2.3, вказують, скільки природних ресурсів витрачається на кожну особу чи на кожен квадратний метр. У сучасному світі все частіше стає актуальним питання, як зменшити кількість використовуваних ресурсів.

Споживання електроенергії є одним із важливих показників (див. табл. 2.3). З кожним роком його обсяг зростає, і нижче у таблиці наведені дані щодо споживання електроенергії для опалення та використання електроплити.

Таблиця 2.3 – Споживання електричної енергії

| Споживання електричної енергії | |
|--|--|
| на опалення | 65 кВт.год на 1 м ² площі * кориг. коеф. (в опалювальний період) |
| у будинках, обладнаних стаціонарними електроплитами | 130 кВт. год. на сім'ю з однієї особи + 30 кВт. год. найшого члена сім'ї (за наявності централізованого постачання гарячої води) |
| | 150 кВт. год. на сім'ю з однієї особи + 30 кВт. год. найшого члена сім'ї (за відсутності централізованого постачання гарячої води) |
| у будинках, не обладнаних стаціонарними електроплитами | 90 кВт. год. на сім'ю з однієї особи + 30 кВт. год. на іншого члена сім'ї (за наявності централізованого постачання гарячої води) |
| | 120 кВт. год. на сім'ю з однієї особи + 30 кВт. год. на іншого члена сім'ї (за відсутності централізованого постачання гарячої води) |

За статистичними даними, на 1 липня 2010 року в Україні було зареєстровано 509 приватних підприємств, які відповідали за утримання житлових будинків та прибудинкових територій, а також 10 993 об'єднання співвласників багатоквартирних будинків. Останні самостійно дбали про стан будівель. Це становило 14,2% від загальної кількості будинків (77 401 будинок з 5 і більше поверхами), де можливе створення ОСББ. Нажаль, наразі немає актуальних статистичних даних.

Станом на початок 2011 року загальна кількість житлових будинків становила 10,2 мільйони, загальною площею 1066,6 мільйонів квадратних метрів. До комунальної власності входило 238,2 тисячі будинків загальною площею 67,5 мільйонів квадратних метрів, що складало 2,3% від загальної кількості будинків країни. Зараз ця цифра ще більша через активне будівництво та розвиток житлової забудови [22].

Розвиток різних будівельних компаній призвів до конкуренції на ринку нерухомості. Виділяються компанії, які шукають ефективні та швидкі способи будівництва, використовуючи нові технології та енергозберігаючі підходи.

Усього в Україні маємо понад 60,7 тисяч аварійних житлових будинків, общою площею 5,1 мільйонів квадратних метрів. Це становить 0,6% від загальної кількості будинків в країні, де проживає 145,7 тисяч осіб. Ці будівлі перебувають у постійній небезпеці. Більшість з них у комунальній власності та потребують оновлення та капітального ремонту.

Річне зростання аварійних будинків вказує на те, що багато з них, побудованих ще в епоху Радянського Союзу, вже давно вийшли за межі безпечної експлуатації. Житловий фонд перших масових серій, що був споруджений у 60–70-х роках, налічує близько 72 мільйонів квадратних метрів і потребує або заміни, або реконструкції. Збереження та утримання таких будинків вимагає значних ресурсів, включаючи енергетичні. Проведення реконструкції, переоснащення та ремонту цих будинків може сприяти економії при їхній подальшій експлуатації. Фактично, кожен четвертий міський мешканець проживає у житлових приміщеннях, які мають низький технічний стан, а також низькі показники експлуатаційної ефективності та вже вичерпали свій експлуатаційний ресурс. Недостатня комфортність та низька енергоефективність таких будинків потребує вирішення проблеми їх капітального ремонту (реконструкції) за допомогою сучасних технологій з енергозбереження, використанням відповідних матеріалів та обладнання.

Отже, в умовах зростаючого попиту на доступне житло в Україні, все більш виникає потреба у будівництві нових житлових будинків, використовуючи енергоефективні та в той же час відносно бюджетні будівельні матеріали. Сучасні технології дозволяють створювати житло, яке в подальшій експлуатації не потребує великих витрат енергії і мінімізує негативний вплив на людей. Крім того, житловий фонд будинків, споруджених у 60–70-х роках, становить приблизно 72 мільйони квадратних метрів і потребує реконструкції або заміни. Це через те, що обслуговування таких будинків вимагає великої кількості різних ресурсів, включаючи енергію. Переоснащення, реконструкція та ремонт такого будинку дозволили б економити на його експлуатації [23].

3 ТЕХНОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ

3.1 Аналіз енергоефективних матеріалів для термомодернізації

Вибираючи ізоляційний матеріал, важливо звернути увагу на основні характеристики теплоізоляційних матеріалів.

Коефіцієнт теплопровідності (λ) – це ключовий параметр теплоізоляційних матеріалів, що визначає, скільки тепла проходить через матеріал товщиною 1 м і площею 1 м² за годину за умови, що різниця температур на протилежних поверхнях складає 1°C. Наприклад, для сухого повітря коефіцієнт теплопровідності складає 0.023 Вт/(м·°C). Цей показник залежить від інших характеристик матеріалу, таких як пористість, вологість, температура, хімічний склад і інші. Ефективні утеплювачі зазвичай мають коефіцієнт теплопровідності не більше 0.6 Вт/(м·°C) в умовах звичайної вологості [24].

Пористість: Відсоток повітряних пор у загальному об'ємі виробу. Цей показник може становити 50% або більше. У деяких ячеистих пластмасах він може досягати 90–98%. Пори можуть бути відкритими, закритими, дрібними або великими. Рівномірне розподілення пор всередині матеріалу є дуже важливим.

Вологість: Кількість вологи, яка міститься в матеріалі (у відсотках від маси чи об'єму). Важливою характеристикою теплоізоляційного матеріалу є його експлуатаційна вологість. Зі збільшенням вологості утеплювача зростає його коефіцієнт теплопровідності.

Водопоглинання: Здатність матеріалу вбирати воду при прямому контакті з нею. Це дуже важливо для зовнішньої ізоляції, яка може знаходитися під впливом опадів, а також для внутрішньої ізоляції в приміщеннях з підвищеним рівнем вологості. Гідрофобізація дозволяє значно знизити водопоглиблення мінеральних та скловолокнистих теплоізоляційних матеріалів.

Паропроникність (μ): Кількість водяного пару, яка проходить через матеріал товщиною 1 м та площею 1 м² протягом 1 години за умови, що температура однакова з обох боків матеріалу, а різниця часткового тиску пару дорівнює 1 Па. Паропроникність матеріалу характеризується коефіцієнтом паропроникності, який вимірюється в мг/(м·год·Па). Цей параметр необхідний при виборі матеріалу для улаштування пароізоляції.

Сорбційна вологість матеріалу: Це вологість матеріалу при певній вологості повітря. Зі зміною вологості повітря, вологість матеріалу також змінюється. В залежності від конструкції, вологості утеплювача під час експлуатації може знаходитися в межах його сорбційної вологості (при вологості повітря до 100%) або перевищувати її (при конденсації пару). Тим не менш, надійність теплового захисту будівлі повинна бути забезпечена в будь-якому випадку. Тому при проектуванні рекомендується орієнтуватися не на сорбційну вологість матеріалу, а на його експлуатаційну вологість, і звертати увагу на наявність даних про коефіцієнт теплопровідності утеплювача в умовах експлуатації. Як правило, коефіцієнт теплопровідності утеплювачів в умовах експлуатації А і Б на 15–25% вищий, ніж в сухому стані.

Біостійкість визначає можливість росту грибків, плісняви та інших патогенних організмів на поверхні або всередині матеріалу.

Теплоємність матеріалу є важливою в регіонах з частими коливаннями температур. Вона показує, скільки тепла може зберігати теплоізоляція.

Морозостійкість – це здатність матеріалу в насиченому водою стані витримувати багаторазове чергування заморожування та розмерзання без ознак руйнування. Морозостійкість вимірюється у циклах. Довговічність всієї конструкції суттєво залежить від показника морозостійкості.

Міцність матеріалу визначається його здатністю опиратися руйнуванню під впливом зовнішніх сил, які викликають внутрішні напруги та деформації. У теплоізоляційних матеріалів прочність залежить від їх структури, міцності твердої компоненти (каркасу) і пористості. Матеріал з мілкими та рівномірно розподіленими порами має вищу міцність, ніж той, у якого пори великі та

нерівномірно розподілені. Прочність на стиск для мінераловатних і пінополістирольних утеплювачів зазвичай вимірюється при 10% деформації та виражається у величині силового напруження (Па).

Щільність: Величина, що дорівнює відношенню маси речовини до її об'єму (в $\text{кг}/\text{м}^3$). Щільність застосовуваних у сучасному будівництві утеплювачів коливається в межах від 17 до $400 \text{ кг}/\text{м}^3$. Щільність утеплювачів низька порівняно з більшістю інших будівельних матеріалів, оскільки значну частину їхнього об'єму займають пори, кількість яких впливає на основні властивості утеплювачів.

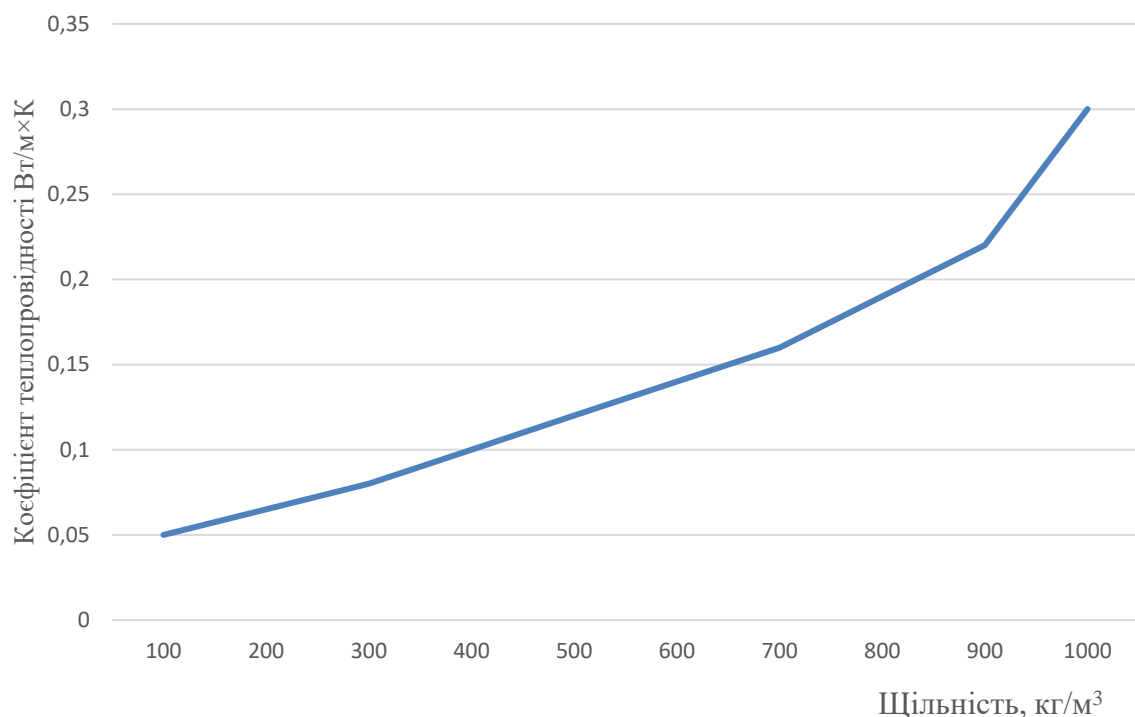


Рисунок 3.1 – Залежність теплопровідності ізоляційного матеріалу від його щільності.

Коефіцієнт теплопоглинання (s) відображає здатність матеріалу більш чи менш інтенсивно поглинати тепло при коливанні температури на його поверхні.

Вогнестійкість – це здатність матеріалу витримувати вплив високих температур без загоряння, порушення структури, міцності та інших його

властивостей. Вибір утеплювача для огорожуваних конструкцій будинків проводиться з урахуванням вимог пожежної безпеки і ступеня огнестійкості будівель. За групою горючості утеплювачі поділяють на горючі та негорючі. Для горючих утеплювачів враховують їхню здатність до димоутворення та виділення токсичних газів.

Тривалість експлуатації залежить від хімічної стійкості покриття теплоізоляційного матеріалу (цей фактор слід особливо уважно враховувати при виборі матеріалів для утеплення покрівель виробничих споруд). Крім того, потрібно враховувати його біологічну стійкість.

Коефіцієнт U^* визначає, наскільки ефективно конструкція передає тепло. Чи то стіни, стеля чи підлога, вони можуть віддавати тепло в різній мірі та з різною швидкістю, залежно від матеріалів, з яких вони виготовлені. Цей коефіцієнт представляє собою комбінацію всіх використаних матеріалів, розташованих шар за шаром, а також повітряних проміжків між ними. Значення коефіцієнта U в конкретній будівлі або конструкції визначатиме, який утеплювач можна використовувати і яка повинна бути його товщина.

Енергоємність (Embodied energy – поглинута енергія, Energy content, Indirect energy, Energy intensity, Energy–output ratio та інше) – величина споживання енергії на основні та допоміжні технологічні процеси виготовлення продукції, виконання робіт, надання послуг на базі визначеної технологічної системи (у редакції ЄС).

Основні вимоги до теплозахисних характеристик зовнішніх стін, які встановлені в державних будівельних нормах (ДБН), залежать від декількох факторів, включаючи тип матеріалу для теплоізоляції, його товщину та якість виконання робіт. При використанні систем зовнішнього утеплення будинку, важливо уточнити, які характеристики утеплювача потрібні саме для даного будинку. Це може бути захист від атмосферних впливів, запобігання промерзанню та розмерзанню, уникнення появи тріщин, збільшення міцності стін та створення комфортного мікроклімату всередині будинку, щодо вологопроникності [25].

Сьогодні на ринку будівельних матеріалів представлено широкий асортимент теплоізоляційних та енергозберігаючих матеріалів. У сучасному будівництві та проектуванні приділяється значна увага поліпшенню теплозахисних характеристик будівель.

Мінераловатні матеріали для теплоізоляції, які використовуються у фасадних системах для зовнішнього утеплення, виробляються зі шлакового або кам'яного сировини. Вони відзначаються високою теплоізоляційністю і звукоізоляційністю, стійкістю до температурних змін, невразливістю до вологи та хімічної стійкості.

Теплоізоляційні матеріали зі скловолокна мають високу ізоляційну здатність та відрізняються високою міцністю й еластичністю. Вони не містять корозійних речовин, негігроскопічні й відрізняються хімічною стійкістю й негорючістю.

Екструдований пінополістирол – також один з видів теплоізоляційних матеріалів, і його характеристики можуть різнитися в залежності від виробника.

Енергозберігаюча фарба має високу адгезію до оброблюваної поверхні. Її теплоізоляційні властивості роблять цей матеріал ефективним для збереження енергії. Як правило, це біла суспензія, що утворює еластичне покриття після висихання. Основні компоненти включають кварц, розширений перліт, оксид цинку, воду, двооксид титану, акрилові полімери, а також бутадієн–стирольний латекс. Ця фарба є ізоляційним матеріалом, який не сприяє горінню.

Теплова штукатурка – легкий мінеральний наповнювач, який отримують шляхом термічної обробки гірничої вермикулітової породи. Її можна використовувати як для внутрішніх, так і для зовнішніх робіт. Існують різні види теплової штукатурки, включаючи ту, яка містить пінополістирольні гранули.

Штукатурка з додаванням пінополістирольних гранул – ще один варіант. Вона містить цемент, вапно, різні добавки і наповнювачі. Зазвичай її використовують в основному для зовнішніх робіт.

Тирсова штукатурка містить тирсу, цемент, глину і папір. Вона ідеально підходить для дерев'яних і цегляних поверхонь всередині приміщень.

Коркова штукатурка виготовлена з натуральної пробки і відрізняється екологічною чистотою і здатністю поглиблювати звуки.

Тепла штукатурка володіє численними перевагами, включаючи довговічність, вологостійкість, легкість в застосуванні і пластичність, а також хорошу адгезію. Вона є екологічно безпечною і не підтримує горіння. Однак для досягнення високої теплоізоляції може знадобитися товстий шар утеплювача, що може призвести до громіздкої конструкції.

Важливий аспект енергоефективності будинку – це матеріал стін. Наприклад, стіна з газобетону товщиною 40 см матиме аналогічний рівень теплоізоляції, що й стіна з пінобетону товщиною 50 см, керамзитобетону – 60 см і керамічної цегли – 150 см. Все ж, кожен з цих матеріалів має свої переваги та недоліки. Пористі матеріали, зазвичай, легші, швидше "усажуються" та мають непоганий коефіцієнт тепловитрат відносно коштів на їх придбання. Проте немає ідеального матеріалу, що б 100% відповідав усім потребам, таким як енергоефективність, витрати часу та фінансів на будівництво. Наприклад, останнім часом газобетон та пенобетонні блоки набули популярності завдяки низькому коефіцієнту теплопровідності. Ці матеріали дозволяють мінімізувати витрати на будівництво. Розглядаючи вартість спорудження нового будинку з використанням сучасних будівельних матеріалів, можна зробити висновок: використання різних типів матеріалів не тільки прискорює процес будівництва, а й впливає на його вартість. Проте великий вибір будівельних матеріалів не завжди сприяє знаходженню дійсно найкращих і найефективніших [26].

Таблиця 3.1 – Залежність щільності до теплопровідності матеріалу

| Найменування матеріалу | Щільність, ρ , кг/куб. м | Міцність, R , МПа | Коефіцієнт теплопровідності, λ , Вт/(м*С) |
|------------------------|-------------------------------|---------------------|---|
| Керамзитобетон | 1000 | 7,5–10 | 0,33 |
| Ніздрюватий бетон | 800 | 5,0–7,5 | 0,21 |
| Газобетон | 400 | 1,0–1,5 | 0,1 |
| Пінобетон | 700 | 2,5–5,0 | 0,16 |
| Монолітна укладка | 300 | 0,5 | 0,07 |
| Цегла керамічна | 1800 | 7,5–10 | 0,56 |
| Цегла силікатна | 1800 | 7,5–15 | 0,70 |
| Базальтові плити | 250 | 0,5 | 0,052 |
| Ракушняк | 1200–1800 | | 0,46–0,73 |
| Шлакоблок | 1200 | 5–10 | 0,47 |
| Деревина | 500 | | 0,09 |

Для зменшення втрат тепла в стінах і даху потрібно усунути містки для холоду. Особливу увагу слід звернути на вікна. Вони, з одного боку, є основним джерелом світла, але, з іншого, через них проникає холод, з яким вони не можуть впоратися.

3.2 Використання альтернативних джерел енергії

Забезпечення комфортних умов для життя та побуту неможливе без використання енергії. В наш час питання її виробництва є одним із найбільш актуальних. Окрім традиційних джерел, все більшу популярність набувають альтернативні джерела енергії.

Альтернативна енергетика – це складна, але перспективна сфера. У відміню від обмежених запасів різних видів сировини, використання сонячної, вітрової, гідравлічної енергії та інших відновлюваних джерел практично не має меж. Альтернативні системи не потребують постійного поповнення паливом та складних утримувальних витрат [27].

Ось лише кілька можливих варіантів для застосування під час будівництва енергоефективного будинку:

- Використання сонячної енергії для опалення, нагріву води та електропостачання за допомогою сонячних колекторів та батарей.
- Використання вітроенергетики для виробництва електроенергії за допомогою вітрогенераторів.
- Використання геотермальної енергії, води та повітря для обігріву будинку через теплові насоси.
- Використання енергії біопалива та продуктів життєдіяльності організмів для енергетичних потреб.

Серед них неможливо визначити найбільш ефективний варіант, оскільки всі вони ефективні в залежності від початкових умов.

Сонячну енергію можна використовувати за допомогою різноманітних геліоустановок, фотоелектричних елементів та різних типів колекторів.

Основні переваги цього підходу включають:

- Універсальність: Сонячна енергія може бути використана як для тепло-, так і для електропостачання.
- Доступність: Достатньо наявності сонячного світла. Сучасні системи навіть дозволяють максимально не залежати від пори року.
- Екологічність: Використання сонячної енергії повністю усуває будь-які шкідливі викиди або інші забруднення.
- Зручність: Процес абсолютно автономний і безшумний.

Енергія вітру працює за принципом, де сила вітру приводить у рух вітряк, що передає енергію до ротору генератора.

Основні переваги включають:

- Невичерпність: У регіонах з частим вітром це безцінне та майже нескінченне джерело енергії.
- Безпека: Вітрогенератори не завдають шкоди навколишньому середовищу.

– Простота експлуатації: Після встановлення використання обладнання не створює проблем.

Енергія води. В галузі житлового будівництва дуже популярні теплові насоси для опалення.

Переваги:

– Енергоефективність: Навіть у найневигідніших умовах система залишається ефективною та вигідною.

– Економія: З найменшими витратами можна досягти відмінних результатів.

– Доступність: Використання води є одним з найбільш розвинених напрямків у сфері альтернативної енергетики, що сприяє різноманітності та доступності обладнання.

Геотермальна енергетика використовує теплову енергію, яка зберігається в надрах Землі.

Переваги:

– Практичність: Геотермальні джерела використовуються для забезпечення тепла та електроенергії.

– Автономність: Постачання не залежить від пори року чи часу доби.

– Ефективність: У вигідних умовах це фактично нескінченне та стабільне джерело енергії.

Основні недоліки залишаються стандартними для всіх систем. Це, перш за все, залежність від погодних умов і кліматичних характеристик регіону, а також вартість обладнання.

Потенціал галузі відновлювальних джерел енергії в
Україні

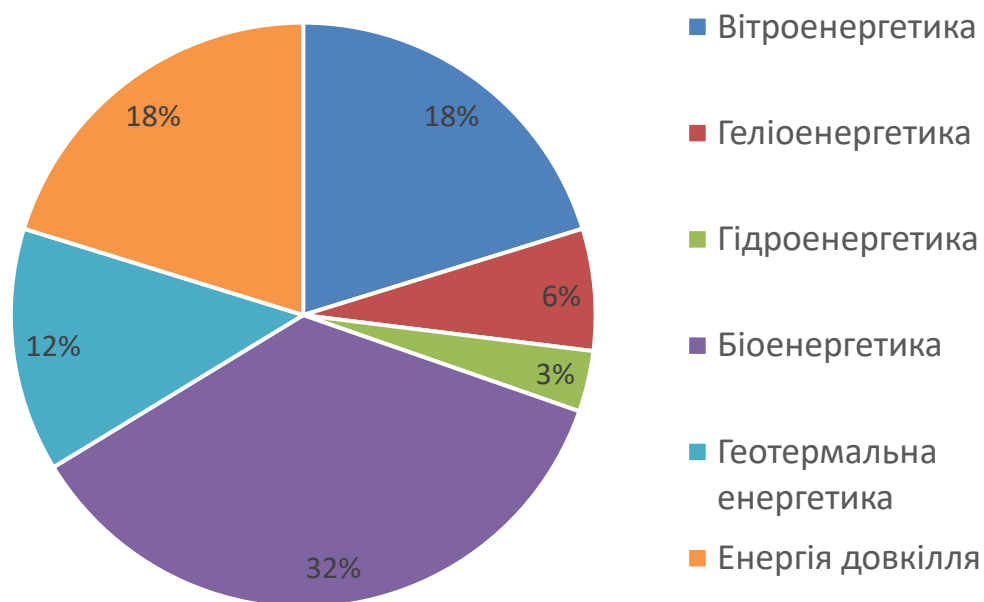


Рисунок 3.2 – Потенціал галузі відновлюваних джерел енергії в Україні

Правильний вибір та організація альтернативного енергопостачання є однією з ключових аспектів при проектуванні пасивних та мультикомфортних будинків. Основні критерії включають територіальне розташування, кліматичні умови, місцеві особливості, доступ до різних ресурсів та можливість встановлення обладнання. Кожен варіант найкраще виконує свої функції в конкретних умовах. Додатково, ціна альтернативного обладнання зазвичай залежить від його потужності. Наприклад, тепловий насос потужністю 20 Вт коштує 20 тисяч євро, в той час як насос потужністю 4 Вт – 4 тисячі євро. Отже, використання альтернативних систем у пасивних будинках є обґрунтованим та економічно вигідним підходом [28].

Це дозволяє одночасно зменшити витрати, покращити стан навколишнього середовища та створити максимально комфортні умови для проживання.

3.2.1 Геліоенергетика

Соціально–економічна необхідність у виробництві енергії в Україні з використанням власних резервів палив викликає актуальну проблему пошуку альтернативних джерел енергії [29].

У ряді місцевостей України централізоване енергопостачання може бути економічно не вигідним, особливо в разі обмеженої споживчої потужності, а встановлення ліній електропередач вимагає значних капіталовкладень.

Застосування сонячних фотопанелей в приватних господарствах України є ефективним практично для всієї території країни. Зараз вже понад 24 тисячі господарств в Україні використовують сонячні електростанції. Це загалом більше 24 тисяч СЕС, які генерують понад 700 мільйонів кВт–год екологічно чистої електроенергії щорічно. Цього обсягу достатньо для забезпечення енергією 230 тисяч українських родин [30].

Згідно з Solar Academy, в Україні спостерігається активний ріст сегменту домашніх сонячних електростанцій. На 01.01.2020 в Україні вже понад 22 тисячі господарств встановили сонячні електростанції загальною потужністю 553 МВт. Лідерами у впровадженні сонячних електростанцій є Дніпропетровська, Київська, Тернопільська, Закарпатська, Івано–Франківська.

Відповідно до інформації, наданої Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження України, в третьому кварталі 2017 року ще 688 українських домогосподарств переключилися на отримання електроенергії з використанням сонячної енергії, що на 42% більше, ніж у другому кварталі. Таким чином, загальна встановлена потужність сонячних електростанцій приватних господарств зросла на 49%. Це обнадійлива тенденція для України, оскільки сприяє її енергетичній незалежності, навіть якщо сам процес не відзначається високою швидкістю. Різне збільшення

попиту на сонячні електростанції серед населення пояснюється вигідним "зеленим" тарифом [31].



Рисунок 3.3 – Потенціал сонячної енергетики України

В Україні спостерігається зростання популярності використання "зелених" систем збереження енергії в приватних будинках. Це ілюструється на прикладі встановлення сонячних систем на житлових будинках.

У наших кліматичних умовах сонячні системи працюють протягом всього року, хоча зі змінною ефективністю. Використання сонячної енергії є ефективним рішенням для середньостатистичних українських приватних будинків.

В Україні існує значний потенціал для використання сонячної енергії, оскільки вона легко доступна як для підприємств, так і для приватних домогосподарств. Існуючі державні стимули навіть дозволяють отримувати прибуток від надлишкової виробленої електроенергії, яка подається в мережу.

Швидкий розвиток сонячних електростанцій в Україні обумовлений відносною простотою впровадження проєктів та значним зниженням цін на обладнання. Вартість 1 кВт потужності становить близько 900–1000 у. о., а терміни реалізації проєктів скорочено до шести місяців разом із проєктуванням. Лідерами за кількістю встановлених сонячних електростанцій в домогосподарствах є Дніпропетровська область (4184), Київська область (2350), Тернопільська область (2512). Встановлення сонячних електростанцій дозволяє власникам економити на витратах на фотоелектричні панелі та інвертори, роблячи цю систему економічно вигідною [32].

Отримати "зелений" тариф для домашніх господарств можливо, але є деякі обмеження: сонячні батареї повинні бути встановлені на даху або інших частинах будівель (не на землі), і загальна потужність не може перевищувати 30 кВт. Використання сонячної енергії швидко виправдовується завдяки високим тарифам за "зелену" енергію в Україні. Власники будинків платять лише за різницю між спожитою та виробленою електроенергією, яка надходить в мережу. Різниця контролюється спеціальним двонапрямковим лічильником. Якщо вироблено більше електроенергії, ніж спожито, то держава компенсує цю різницю за діючим "зеленим" тарифом. Слід відзначити, що "зелений" тариф буде поступово зменшуватися протягом його дії. З січня 2020 року до грудня 2024 року він становить 460,43 копійок за кВт·год (без урахування ПДВ). На сьогоднішній день будівництво та використання об'єктів на базі відновлюваних джерел енергії може здійснюватися тільки власниками приватних будинків (20% населення України), а не мешканцями багатоквартирних будинків [33].

Встановлення сонячних панелей на дахах багатоквартирних будинків є раціональним підходом, практикованим у країнах Західної Європи, але в Україні ця ідея не знаходить широкого застосування. Для поштовху використання сонячної енергії в Україні, можна взяти на увагу успішний досвід Польщі щодо часткової компенсації витрат на встановлення сонячних панелей в домогосподарствах.

Системи, які перетворюють сонячну енергію, можна поділити на дві основні категорії: "пасивні" та "активні". В "активних" системах використовуються різні пристрої та прилади, що нагріваються сонячною енергією і передають її споживачеві у вигляді тепла (для опалення та підігріву води) або у вигляді електрики. В "пасивних" системах відсутні прилади; замість них, структурні елементи будівлі використовуються для накопичення сонячної енергії, яка передається споживачу у вигляді тепла. Системи "пасивного" використання сонячної енергії допомагають накопичувати та рівномірно розподіляти сонячне тепло по всій будівлі. У цьому випадку сонячна енергія використовується виключно для опалення. Окремою категорією є будівлі з геліоспорудженням [34].

"Пасивні системи опалення будинку" можна розділити на три групи:

- Пряме сонячне опалення: використання традиційних вікон.
- Нагрів ізольованого застеленого об'єму: використання теплиць або сонячних кімнат.
- Нагрів термоакумулюючого елемента будівлі.

Пряме сонячне опалення є найпростішим та найбільш традиційним методом сонячного опалення. Сонячні промені проникають в будівлю через скло, нагріваючи приміщення. У цьому випадку скло має бути орієнтоване на південь (з можливим відхиленням на 20°). Тепло накопичується в підлозі та внутрішніх стінах, які виготовлені з матеріалів із високою теплоємністю, таких як цегла або камінь. Для запобігання перегріву приміщення влітку, необхідно встановити сонцезахисні пристрої, такі як дахи, козирки, рослинний засіб або регульовані системи затінення. Для захисту від теплових втрат в нічний час необхідно встановити теплоізолюючі віконця або використовувати спеціальні плівки на вікнах.

Прикладом будинку з прямим сонячним паленням є житловий «Будинок майбутнього» (рис 3.4).



Рисунок 3.4 – «Будинок майбутнього»

Стіни, які спрямовані на південний бік будинку, виконані повністю з скла. Також скляна частина даху, що має вихід на південний бік, є центральною частиною даху, і вона також повністю скляна. У цій південній частині будинку розташована простора кімната, яка має два великих світлових отвори для ефективного поширення теплого повітря в приміщенні. Внутрішні стіни і підлога цієї кімнати є теплоакумулюючими.

На північній стороні даху розташована зелена область, що сприяє додатковій теплоізоляції.

Два останніх підтипи прямого сонячного опалення є варіаціями першого. Вони застосовуються у випадках, коли основні світлові вікна надають недостатньо світла і тепла. Ці підтипи часто використовуються як додаткове джерело світла разом із основними вікнами.

У проектуванні будинків із прямим сонячним опаленням дотримуються таких принципів:

1. Використання теплоізоляційних вікон для зменшення теплопровідності.
2. Застосування скла типу "теплове дзеркало" для захисту від перегріву влітку.

3. Використання козирків, регульованого затінення та рослинності для захисту від перегріву.

Система нагрівання ізольованого застеленого простору є варіацією сонячного обігріву. Вона відрізняється тим, що сонячні промені нагрівають нежитлові, неопалювані приміщення. Це приміщення називається геліотеплицею, або сонячним простором. Влітку його можна використовувати як і житлове приміщення.

Ця система нагрівання має декілька переваг порівняно з попереднім варіантом. Оскільки вступ нагрітого повітря регулювати, цей тип сонячного нагріву став популярним при проектуванні низькоповерхових житлових будинків. Важливо відзначити, що ця система впливає на зовнішній вигляд будинку і його внутрішню організацію.

Необхідна площа скла в геліотеплиці, яка забезпечить комфортні умови в будинку, залежить від середніх температур січня і лютого в регіоні, де розташований будинок, а також від матеріалу, що накопичує тепло.

3.2.2 Енергія вітру

У 2017 році приватний сектор України приєднав чотири вітроустановки загальною потужністю 0,032 МВт, які згенерували 1149 кВт·год "зеленої" електроенергії. Ці установки були розташовані у Волинській, Донецькій та Київській областях. Навіть при тому, що встановлена потужність вітроустановок у домогосподарствах Київської області виявилася найменшою серед інших регіонів у 2017 році, вони поставляли 91,5% усієї виробленої електроенергії з цього джерела серед приватних домогосподарств України [35].

В Україні спостерігається зростання популярності використання вітряків невеликої потужності для власних потреб домогосподарств. Малими вітроенергетичними установками (від 200 Вт до 20 кВт) цікавить той факт, що їх можна встановити швидко, і вони є оптимальним рішенням там, де немає

доступу до інших джерел енергії або де вартість підключення до існуючих мереж висока. Важливо зазначити, що вітроустановки потужністю до 20 кВт не потребують спеціальних дозволів чи ліцензій для використання.

Зараз будинок середньої величини споживає близько 35 кВт електроенергії на добу, а вітряна установка з подібною потужністю коштує від 30 тис. гривень, в залежності від виробника та комплектації. Капітальні витрати на кожен кіловатт встановленої потужності для станцій невеликої потужності рухаються від 800 до 1000 доларів США і зменшуються зі зростанням потужності установки [36].



Рисунок 3.5 – Середньорічна швидкість руху вітру в Україні

Важливо усвідомити, що вітер – непередбачуване та непостійне джерело енергії. Отже, власник вітроустановки може використовувати її в таких випадках:

- як автономне джерело енергії, якщо немає централізованого електропостачання;

– як додаткове джерело енергії для зменшення споживання електроенергії з централізованої мережі та забезпечення електропостачання у разі відключення;

– як установка, що працює на мережу, з можливістю отримання прибутку від продажу електроенергії за "зеленим тарифом".

Розглянемо послідовність кроків, які потенційний споживач повинен виконати при виборі та використанні вітряної установки невеликої потужності. Перше, споживач має визначити свою мету у встановленні вітряного агрегату та оцінити його потенційні можливості. Далі, слід обрати вітряну установку.

На третьому етапі, споживач повинен переконатися, що на місцевості є необхідна швидкість вітру для ефективної роботи, яка є ключовим показником для генерації необхідного обсягу електроенергії. Ця швидкість не повинна перевищувати 9 м/с.

Потім важливо розрахувати потужність вітряно–енергетичної установки (ВЕУ), яку необхідно встановити для забезпечення потреб господарства в електроенергії.

На останньому етапі, при вирішенні питання щодо впровадження вітряної електроустановки, слід уважно розглянути можливий негативний вплив, що може бути зумовлений роботою обраного типу установки. Зазвичай, кожен тип установки має супровідний протокол, в якому вказана інформація щодо відповідності установки вимогам охорони праці, стандартам щодо припустимих рівнів вібрацій, шуму, впливу інфразвуку та інших аспектів. Також важливо розрахувати вартість ВЕУ та строк окупності установки, враховуючи витрати на її монтаж, транспортування, встановлення та кількість виробленої та спожитої електроенергії.

Розділяючи будинки, що використовують вітрову енергію, можна виділити наступні категорії:

1. Будинок (або група будинків), який має вітрову установку, розташовану на окремій ділянці. Установка може бути як роторною, так і

крильчатою. У випадку крильчатої установки, необхідно враховувати відстань від будинку (або будинків) через можливу вібрацію та шум.

2. Будинок, на даху якого розміщений вітрогенератор. Опорою для вітрогенератора використовують конструкції будинку. Композиція такого будинку залежить від різних факторів, включаючи форму та кут нахилу даху, розміри вітрової установки і кількість вітрогенераторів.

За розташуванням вітрогенератора на даху, ці будинки можна поділити на дві категорії:

– Вітрогенератор розташований на найвищій точці даху, коли дах має аеродинамічну форму, нагадуючи "пагорб".

– Вітрогенератор розташований на конструкціях будинку на його розі, особливо у випадках, коли покрівля майже плоска або коли відділений бік будинку відзначається сильними вітрами.

3.2.3 Енергія водяних потоків

У двадцятому столітті більшість великих річок були загатні греблями. Проте ці великі гідроелектростанції (ГЕС) виникли з великою кількістю екологічних проблем, що зумовило загальний інтерес до "міні ГЕС".

Робочий принцип "міні ГЕС" виглядає наступним чином: вода вбирається з річки за допомогою греблі, далі просувається горизонтальним каналом до напірного басейну, де тимчасово утримується. Після цього вода спускається вниз вздовж водоводу і потрапляє на турбіну, а потім повертається у річку через відвідний канал. Будівля, де розташована гідротурбіна (або гідротурбіни), нічим не відрізняється від звичайної господарської споруди [37].

Один з прикладів застосування "міні ГЕС" – це "будинок над водоспадом" в південній Ірландії. Будівля складається з двох частин. Будинок перетворює енергію води в електроенергію за тим самим принципом, що і млин для подріблення зерна.

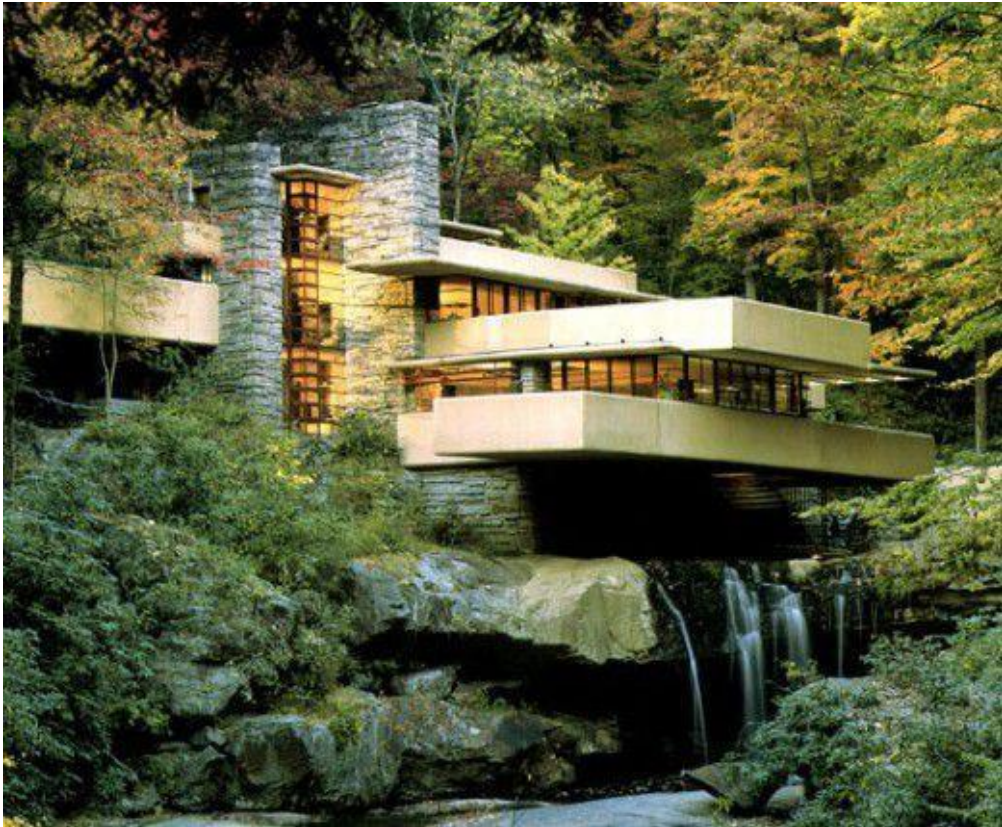


Рисунок 3.6 – «Будинок під водоспадом»

Генератор у "міні ГЕС" має чотири турбіни, кожна з яких виробляє постійний струм потужністю 450 Вт. Отримана електрична енергія зберігається у 24-вольтових акумуляторах ємністю 850 А/год. Після цього струм перетворюється з постійного на змінний і використовується для живлення всієї електротехніки в будинку та нагріву води.

При проектуванні "міні ГЕС" основним критерієм є врахування ситуації, що склалася (включаючи рельєф місцевості та розміри ділянки), та вибір найбільш підходящого типу роботи ГЕС.

3.2.4 Енергія біомаси

Біоенергетика охоплює процес перетворення біомаси на енергію, зазвичай шляхом спалювання. У європейських країнах протягом останніх двадцяти років частина відновлюваних джерел енергії, переважно біопалив

(деревний чип, солома, пелети, брикети і т. д.), у виробництві теплової енергії стабільно збільшується.

Зараз в середньому в Європейському Союзі ця частка складає понад 23%. Деякі країни мають значно вищі показники: Швеція – 65%, Литва – 61%, Данія – 47%, Австрія – 41%, Фінляндія – 37%, Латвія – 28% [38].

Був проведений аналіз енергетичного балансу України за 2015 рік і підготовлене графічне зображення щодо внеску біоенергетики в енергетичний баланс України з 2010 по 2015 рік (вимірюваного в заміщенні природного газу в мільярдах кубічних метрів щорічно). У 2015 році біопаливо займало найважливіше місце в структурі виробництва відновлюваних джерел енергії, становлячи 81,3%. Внесок енергії, одержаної з біопалива у 2015 році, склав 3,6% споживання енергії, або 2,3% в загальному обсязі первинної енергії.

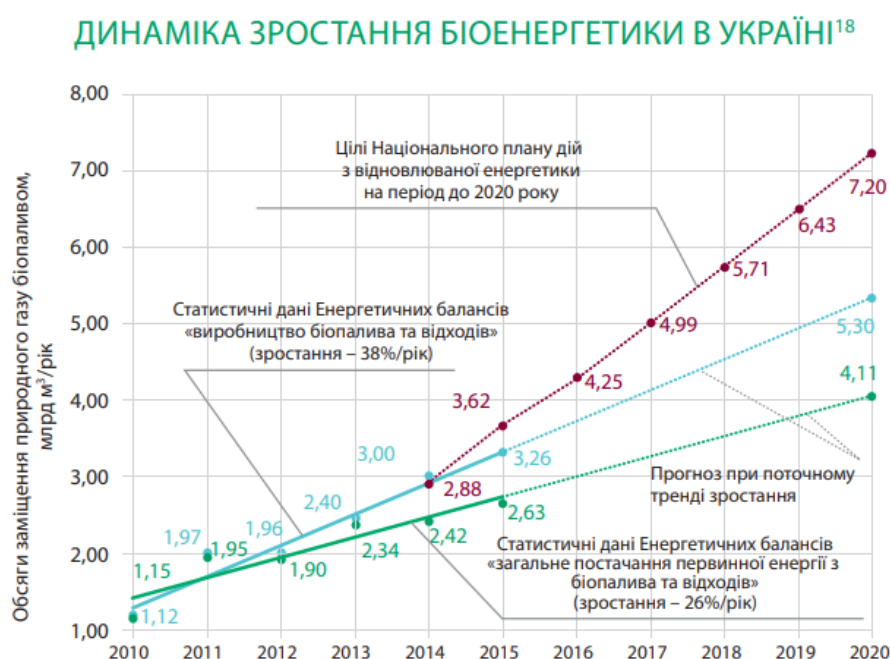


Рисунок 3.7 – Динаміка зростання біоенергетики в Україні

У 2015 році, виробництво біопалива та відходів замінило 3,26 млрд м³ природного газу щороку, і це спостерігалось з середнім темпом річного зростання 38% протягом 2010–2015 років. Щодо показника "загального

постачання первинної енергії з біопалива і відходів", використання біопалива для заміщення газу склало 2,63 млрд м³ /рік, і тут було зафіксовано середній щорічний ріст на рівні 26% протягом вказаного періоду. Різниця між виробництвом та постачанням визначається експортом біопалива з України у вигляді пелет, тріски, дров і т.д. Ці ресурси, які вивозяться, можна легко використовувати на внутрішньому ринку України за умови створення сприятливих умов. На 1 травня 2016 року в Україні налічувалося 430 підприємств, які виробляли пелети, брикети та тріску. Ще приблизно 800 підприємств отримували тверде біопаливо у вигляді відходів від основного виробництва, таких як дрова, тріска, тюкована солома [39].

Якщо максимально використати потенціал біоенергетичних ресурсів, це відкриє можливості:

- створити нові підприємства;
- впровадити нові технології та сфери бізнесу;
- замінити 5 млрд м³ природного газу;
- зекономити 30 млрд грн на теплопостачанні та гарячому водопостачанні;
- забезпечити агровиробників доходом у 17 млрд грн;
- створити 100 тис. нових робочих місць. Наприклад, в Україні збирають понад 50 млн тонн зернових. З кожної тонни зерна можна отримати 1,5–2 тонни соломи та рослинних залишків.

| ОБСЯГИ ВИРОБНИЦТВА ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ ¹⁹ | |
|---|-----------------------------|
| Найменування продукції | Кількість, тис. т/рік |
| 1. Пелета деревна | 650 |
| 2. Брикет з деревини | 170 |
| 3. Тріска | 1 110 |
| 4. Дрова | 1 800 |
| 5. Пелета із соломи | 220 |
| 6. Пелета із соняшника | 850 |
| 7. Брикет з агрокультур | 95 |
| 8. Солома тюкована | 300 |
| Разом | 5 185 |
| або 17% від технічно досяжного потенціалу, який становить | 30 млн т на рік |
| Виробничі потужності існуючих підприємств дають змогу виробляти близько | 8–9 млн т на рік |
| Експорт твердого біопалива становить майже | 2,2 млн т на рік |
| Споживання на внутрішньому ринку становить близько | 3 млн т на рік |
| Дефіцит твердого біопалива в ЄС становить | 3,5–4,8 млн т на рік |
| Середня ціна на тверде біопаливо в ЄС становить | 154 євро/т |
| Середня ціна в Україні становить | 1 400 грн/т |

Рисунок 3.8 – Обсяги виробництва твердого біопалива в Україні

Ефективним методом обробки сухої біомаси є термохімічні технології, такі як пряме спалювання та газифікація. Процес прямого спалювання деревини добре відомий в побуті. Газифікація деревних відходів дозволяє отримати паливний газ, головні компоненти якого – CO, H₂ і N₂. Цей газ може бути використаний в котельнях, газових турбінах та двигунах внутрішнього згоряння.

Вологу біомасу найкраще піддавати біохімічній переробці, щоб отримати біогаз через анаеробний розклад органічної сировини, або рідке біопаливо через процеси бродіння. Перший метод є найпоширенішим.

Для виробництва біогазу важливо враховувати такі фактори:

– Температура: чим вища температура, тим швидше та ефективніше ферментація органічної сировини. Отже, необхідно надійно ізолювати систему та, можливо, використовувати підігріту воду.

– Вологість: 90–94%.

– Середовище органічної сировини повинно бути нейтральним та вільним від забруднень, таких як мило, пральні порошки та антибіотики.

– Регулярне перемішування, від 1 до 6 разів на добу, оскільки рідина у резервуарі схильна до шарування.

Біогазова установка для невеликого фермерського господарства може складатися з одного або декількох баків та резервуару для зберігання газу. Результатом роботи такої установки є отримання екологічно чистого газоподібного палива (біогазу) та органічних добрив.

Установка має чотири баки об'ємом 2,2 м³, ємність для збору біогазу об'ємом 3 м³ та газовий колектор з запірною арматурою. Процес роботи передбачає чергове завантаження та роботу трьох баків, а четвертий бак завантажується протягом семи днів в залежності від витрати газу. Кількість оброблюваних відходів може сягати від 50 до 200 кг на добу, а виділений біогаз коливається від 3 до 12 м³, з вмістом метану 55–60%. 1 м³ біогазу еквівалентний 0,6 м³ природного газу, 0,7 л мазуту або 0,4 л бензину.

Біогазова установка для кількох сільських господарств або великого сільського господарства має більші розміри, ніж та, яка була описана в попередньому варіанті, і встановлюється на ділянці, недалеко від "виробників" сільськогосподарських відходів. Один приклад цього – генератор біогазу, який працює в Румунії з 1982 року та забезпечує газом три сусідні сім'ї.

Садиба, де використовується біогазова установка, може слугувати прикладом фермерського господарства, що використовує екологічні методи обробки сільськогосподарських відходів. В рамках цього проекту біогазова установка зазвичай має круглу форму з діаметром 3 метри. План садиби для фермерського господарства має радіально–кільцеву структуру, і розміщення біогазової установки впливає на планування та розміщення об'єктів на ділянці.

Біогазова установка для житлових будинків із мінімальними селянськими господарствами можлива як спільна інженерна господарська споруда сільського значення. Це впливає на планування та забудову села. Зазвичай в таких селах усі інженерні споруди розташовані окремо від основного населеного пункту, і біогазова установка повинна розташовуватися

поруч із іншими інженерними спорудами як частина енергетичного комплексу.

Покупка біогазової установки може бути обґрунтованою лише для фермерських будинків (або кількох будинків з невеликими селянськими господарствами), оскільки в цих випадках генерується більше сільськогосподарських відходів. У інших випадках раціональною ідеєю є кооперація у великих групах щодо збору, транспортування та переробки відходів.

3.3 Системи управління енергоспоживанням

Автоматизовані системи моніторингу енергоспоживання відіграють ключову роль у вдосконаленні енергоефективності будинків. Вони надають можливість збирати, аналізувати та використовувати дані про витрати енергії для прийняття обґрунтованих рішень [40].

В умовах обмеженого та вичерпного енергетичного ресурсу на планеті чи в окремій країні проблема раціонального та логічного використання виробленої електричної енергії стає надзвичайно актуальною. Технології сучасного та майбутнього, так званого "розумного будинку", дозволяють автоматизувати управління всіма електричними приладами вдома, забезпечуючи комфорт, безпеку та значні економічні резерви електроенергії. Основні підсистеми розумного будинку, які впливають на збереження енергії, включають [41]:

- Керування освітленням, яке надає можливість як ручного, так і автоматичного керування і дозволяє реалізувати світлові сценарії.
- Керування кліматом приміщення, що включає системи керування опаленням та підлоговими обігрівачами, вентиляцією та кондиціонуванням.
- Контроль (моніторинг) та управління системами постачання (електроенергія, газ, вода) та автоматизована інформаційно–вимірювальна система комерційного обліку електроенергії. Сюди входить контроль витоків

води та газу, охоронно–пожежна сигналізація, моніторинг та управління витратами води, газу та електроенергії.

Підвищення ефективного споживання електроенергії можливе за допомогою заміщення електрообладнання на більш енергоефективні пристрої. Усі ці пристрої дозволяють помітно знизити загальний споживання енергії. На сьогоднішній день близько 10–15% світової виробленої електроенергії витрачається на освітлення. Зменшити цей розрив в споживанні електроенергії для цих завдань можна шляхом більш раціонального його використання.

Актуальність інтелектуальної інноваційної системи "Розумний Будинок" на великому і малому ринках неможливо переоцінити. Використання культивациі інтелектуального "розумного будинку" дозволяє досягти економії в розмірі 20–30% на комунальні послуги. Цей важливий факт готові врахувати і творці будинків, які передбачають використання технології інтелектуального "розумного будинку" в 30% проєктованих будинках.

Система управління освітленням – це система не лише є підсистемою "Розумного будинку", але також виступає самостійною автоматизованою системою управління освітленням.

Автоматизацію енергозберігаючого освітлення можна виконати з урахуванням реалізації наступного сценарію: "Увімкнення та вимикання світла за допомогою датчика руху". Основні прохідні приміщення будинку обладнані датчиками руху, що дозволяє системі автоматично вмикати та вимикати освітлення при виявленні руху чи його відсутності. Паралельна робота датчиків руху з датчиками освітленості дозволяє вмикати світло лише у випадку, коли природного світла стає недостатньо.

Застосування цієї системи для багатоквартирних будинків дозволяє скоротити витрати електроенергії на освітлення сходових кліток та вестибюлів, оскільки на практиці це освітлення може працювати протягом усієї ночі без потреби.

У "розумному будинку" управління кліматом впливає на інженерні системи опалення, вентиляції та кондиціонування приміщень. Для цього

використовуються датчики температури, які розміщуються як зовні, так і всередині приміщення. Крім того, потрібні контролер, наприклад, AMX NetLinx Ni-3000 (який може керувати "розумним будинком" в цілому), термостат, а також сервоприводи для регулювання задвижок опалювального контура та повітряних клапанів приточно-витяжної вентиляції. Реалізація алгоритмів контролю клімату безпосередньо впливає на оптимальний режим енергоспоживання систем кондиціонування. Це виключає одночасну роботу кондиціонера та системи опалення, уникнення зайвого енергоспоживання. Додатково, кондиціонер може працювати паралельно з підігрівом підлоги, яке утримує необхідну температуру у нижній частині приміщення. Система управління кліматом сприяє економії енергії, знижуючи температуру в нічний час у невикористовуваних приміщеннях та спальнях, а також мінімізує функціонування обладнання під час відсутності господарів завдяки налаштуванням користувача (наприклад, "відсутність вдень", "відпустка"). Найбільш ефективний результат у збереженні енергії досягається у будинках з автономними котельними системами, оскільки контролер управляє обладнанням котельні, що дає можливість зменшити витрати газу на опалення.

Контроль та захист систем водопостачання, опалення та газу виконується за допомогою датчиків та контролера. Інформація, яка надходить від датчиків, аналізується за вбудованими алгоритмами та надсилається на сервоприводи засувки і кранів. Моніторинг споживання ресурсів здійснюється за допомогою приладу обліку з імпульсним виходом, який вимірює витрати енергії та води. Контролер аналізує ці дані і пропонує шляхи економії, а також може керувати засувками та відключати розетки за заданими алгоритмами, що запобігає надмірному споживанню ресурсів. Система контролю протікань води та газу, спочатку, забезпечує безпеку, а потім ефективну економію. Моніторинг та управління споживаними ресурсами дозволяє визначити пріоритетні напрямки енергозбереження та виконує обмежувальну функцію споживання.

4 РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДЛЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ

4.1 Сучасні методи теплової ізоляції

Кожен матеріал можна розглядати з точки зору його теплопровідності або теплового опору. У будівництві, наприклад, метал, який є хорошим провідником тепла, використовується для забезпечення стійкості конструкцій. Проте, для досягнення ефективних теплових результатів важливо уникати прямого контакту з іншими частинами будівлі, які є відмінними теплопровідниками. Такий прямий контакт будівельних компонентів між внутрішнім та зовнішнім середовищем, які мають високу теплопровідність, називається тепловим мостом. Його названо так через його здатність допомагати теплу переходити з одного місця в інше.

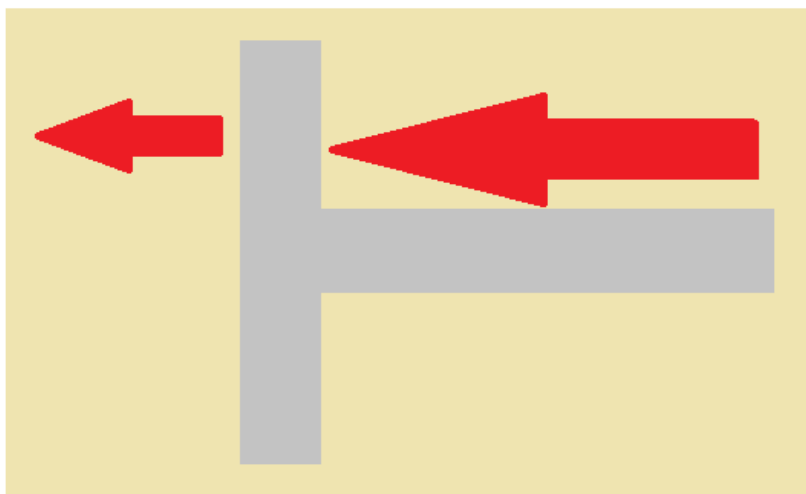


Рисунок 4.1 – Втрата тепла з будинку шляхом провудності через неізольовану стіну.

Внутрішня теплоізоляція сприяє швидшому прогріванню приміщення, що в свою чергу означає менші витрати енергії для досягнення оптимальної температури. Проте, цей захід не вирішує питання термічної інерції і може призвести до швидкого охолодження зовнішніх стін вночі. Тепло буде

намагатися проникнути через неізольовані стіни, особливо зовнішні, поки не "втече" через теплові мости [42].

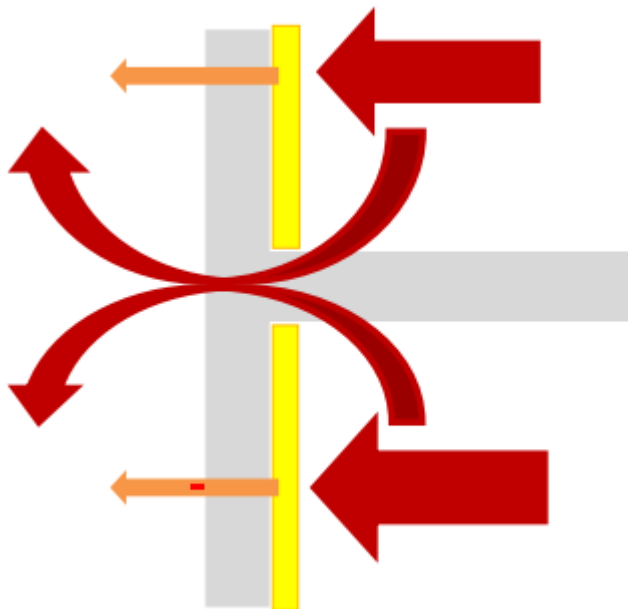


Рисунок 4.2 – Втрата тепла через термальний міст

Внутрішня теплоізоляція використовується, коли неможливо змінити фасад, потрібно утеплити лише деякі приміщення або забезпечити додаткову ізоляцію підвальних приміщень. Професійна теплоізоляція внутрішніх приміщень може швидко та без додаткових проблем призвести до економії енергії. Проте важливо правильно обирати матеріали, щоб уникнути утворення грибка між стіною і шаром ізоляції. Існує цілий низ переваг внутрішньої теплоізоляції:

- не впливає на зовнішній вигляд будівлі;
- не потребує нанесення водонепроникної штукатурки або облицювання;
- кімнати швидше нагріваються;
- не вимагає великих фінансових вкладень;
- може бути використана для додаткової ізоляції підвалів.

Проте є й недоліки внутрішньої ізоляції:

- приміщення, де застосовується такий вид утеплення, неможливо використовувати протягом ремонту;
- зменшує корисну площу приміщення;
- менша теплоізоляційна ефективність;
- вищі витрати на опалення;
- швидке охолодження приміщень після вимкнення системи опалення;
- підвищений ризик замерзання водопроводу.

Внутрішні конструкції включають в себе внутрішні стіни, міжкімнатні перегородки та стелі. Підлоги виділяються в окрему категорію, оскільки їх утеплення є частиною навантажувальної конструкції, у відміну від інших перерахованих конструкцій, які не несуть навантаження. Для їх утеплення використовуються легкі мінераловатні матеріали з невеликою товщиною [43].

Зазвичай використання теплоізоляційних мінераловатних плит завтовшки 50 мм і щільністю 35 кг на кубічний метр суттєво поліпшує температурний режим у приміщенні. Це призводить до збільшення теплоізоляційних властивостей і запобігає утворенню конденсату. Надлишок вологості, зазвичай, може спричинити появу цвілі, замерзання несучих конструкцій і, відповідно, призвести до швидкого їх руйнування.

Впровадження теплоізоляції внутрішніх конструкцій, безперечно, трохи скорочує внутрішній об'єм приміщень, але отримані переваги в комфорті проживання є більш суттєвими. Роботи з монтажу утеплювальних систем внутрішніх конструкцій можна виконувати в будь-яку погоду. Крім того, мінераловатні утеплювачі є ефективними та безпечними для утеплення балконів і лоджій, що розширює житловий простір приміщень.

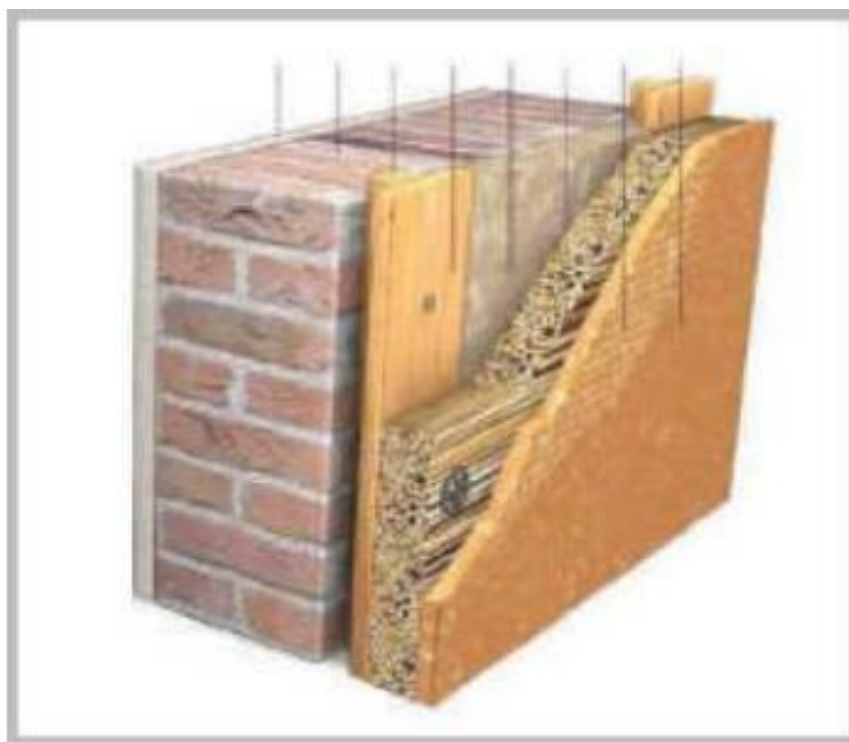


Рисунок 4.3 – Утеплення стіни панелями з очерету

Отже, теплоізоляція внутрішніх конструкцій має наступні переваги: значний зниження витрат на опалення будівлі; надійно утримує тепло всередині приміщення; забезпечує якісну пароізоляцію без щілин і дефектів; поліпшує звукоізоляцію стін, стель і перегородок. Проте важливо враховувати, що вона може створювати термальні мости, що є її суттєвим недоліком.

З урахуванням зовнішньої теплоізоляції, щоб забезпечити комфортну температуру у кімнаті, необхідно більше часу. Проте це супроводжується підвищенням термальної маси, що, при належному облаштуванні, зменшує можливість теплових втрат через термальні мости. Це призводить до більш герметичної оболонки будівлі і підвищує загальну енергоефективність, оскільки стіни будуть утримувати тепло всередині на довший час.

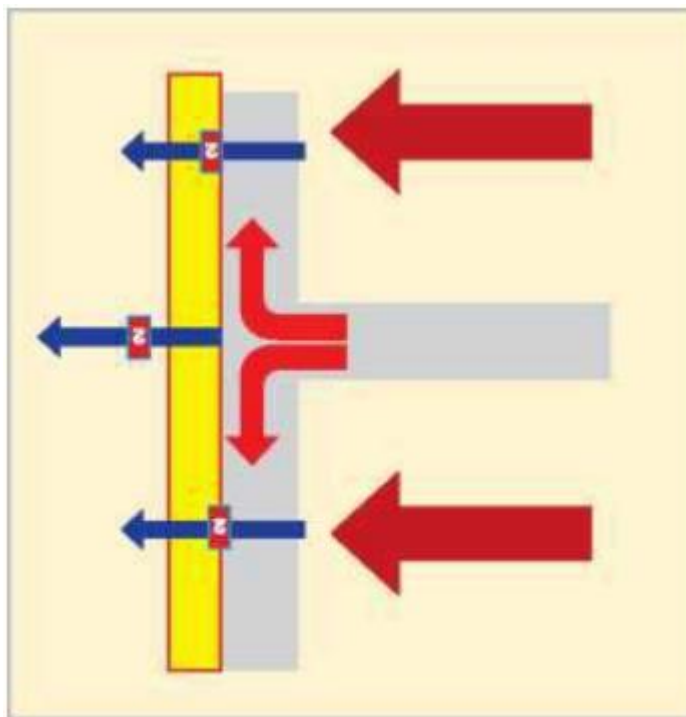


Рисунок 4.4 – Відсутність термального моста при зовнішній термоізоляції

Зовнішня теплоізоляція суттєво обмежує втрату тепла з внутрішніх приміщень наружу. Тепло кімнати проникає в стіни та утримується там. Після вимкнення системи опалення спостерігається «ефект голландської печі», коли стіни повільно віддають нагріття назад у приміщення. Це дозволяє кімнаті не остигати відразу, досягаючи балансу внутрішнього клімату. Кам'яна теплоізолювана стіна також допомагає уникнути замерзання водопровідних систем, які прокладені у ній. Влітку теплоізоляція захищає стіни від надмірного нагріву від сонячних променів. Проте важливо зазначити, що при використанні зовнішньої теплоізоляції не втрачається корисний житловий простір. У цій роботі розглядається пасивна теплоізоляція, яка передбачає використання постійного теплоізоляційного шару навколо пасивного будинку для мінімізації втрат тепла.

Переваги зовнішньої теплоізоляції:

1. Ефективно усуває термальні мости.
2. Підтримує тепло в будівлі протягом тривалішого часу.
3. Забезпечує більш стабільну температуру всередині приміщення.

4. Має високий рівень теплоізоляції.
5. Призводить до значної економії на опаленні.
6. Використовує теплоізоляційні властивості стін в повному обсязі.
7. Захищає стіни від різких перепадів температур.
8. Захищає від надмірного нагріву влітку.

Недоліки зовнішньої теплоізоляції:

1. Може змінити зовнішній вигляд будівлі.
2. Вимагає більш тривалого часу для розігріву.

Якісне вікно є надійним бар'єром проти холоду, шуму та пилу. Проблемні вікна можуть призвести до значного збільшення витрат на опалення. У середньому, від 15% до 30% тепла втрачається через вікна. Щоб уникнути цих втрат, можна модернізувати вікна, встановивши склопакети, або виправити ситуацію простіше і дешевше, за допомогою силіконової стрічки, утеплити вживані дерев'яні вікна.

У втраті тепла через вікна основна проблема не в протягах, які можуть проникати через щілини в дерев'яних рамах, а в тому, що скло саме по собі є відмінним провідником тепла, передаючи його зсередини приміщення на вулицю через всю свою поверхню [44].

Щоб вирішити цю проблему, застосовують теплозберігаючу плівку. Це можна зробити самостійно за допомогою двостороннього скотчу, канцелярського ножа, ножиць і побутового фена для ущільнення плівки після наклеювання. Перед наклеюванням плівки, слід зняти ручки з вікна.

Якщо плівка надмірно надувається, це може бути спричинено наявністю протягів всередині рами. У такому випадку, їх потрібно зняти, розібрати раму, пройти зовні і всередину вздовж скла прозорим силіконовим герметиком, а потім повторити наклеювання.

Теплозберігаюча плівка збільшує температуру в приміщенні на 4–5 градусів і утримує її на постійному рівні протягом восьми годин. Це один з найпростіших, ефективних і економічних способів підвищити теплоізоляцію

житлового приміщення. Так часто називають теплозберігаючу плівку "третім склом".

Теоретично правильніше проводити утеплення віконної системи на етапі її монтажу. Це може збільшити вартість вікна, бо необхідно враховувати вартість утеплювача та робіт, якщо планується їх проведення професіоналами. Проте такий підхід збільшить термін служби конструкції.

Важливо також звернути увагу на ширину підвіконня, щоб воно не закривало повністю радіатори опалення під вікном. Широке підвіконня може бути зручним, але неправильним.

Необхідно регулярно доглядати за ущільнювачами вікон. Вони повинні залишатися еластичними для гарантування надійного герметизування. Раз на рік їх слід обробити силіконовим мастилом.

Також важливо регулярно перевіряти та обслуговувати фурнітуру. Всі рухомі елементи слід змащувати маслом без кислот та смол. Розбирати фурнітуру для цих операцій не потрібно, адже виробники передбачили спеціальні отвори на передній планці механізмів.

Крім утеплення вікон, слід приділяти увагу й дверям, оскільки через нещільне закриття дверей та вікон можуть виникнути значні тепловтрати. Для цього використовують спеціальні ущільнювачі, які добре підходять для ущільнення щілин під вхідними дверима. Перед нанесенням ущільнювача слід обробити поверхню спиртом. Ущільнювач слід обрізати до необхідної довжини.

Недоліками слабого утеплення дверей може бути також нещільність дверної коробки. У такому випадку, слід розглянути можливість оббивки дверей дерев'яною або деревоволокнистою плитою, яка має хороші теплоізоляційні властивості. Така оббивка може допомогти зменшити втрати тепла через двері на вулицю.

4.2 Розрахунок тепловтрат однокімнатної квартири до термомодернізації

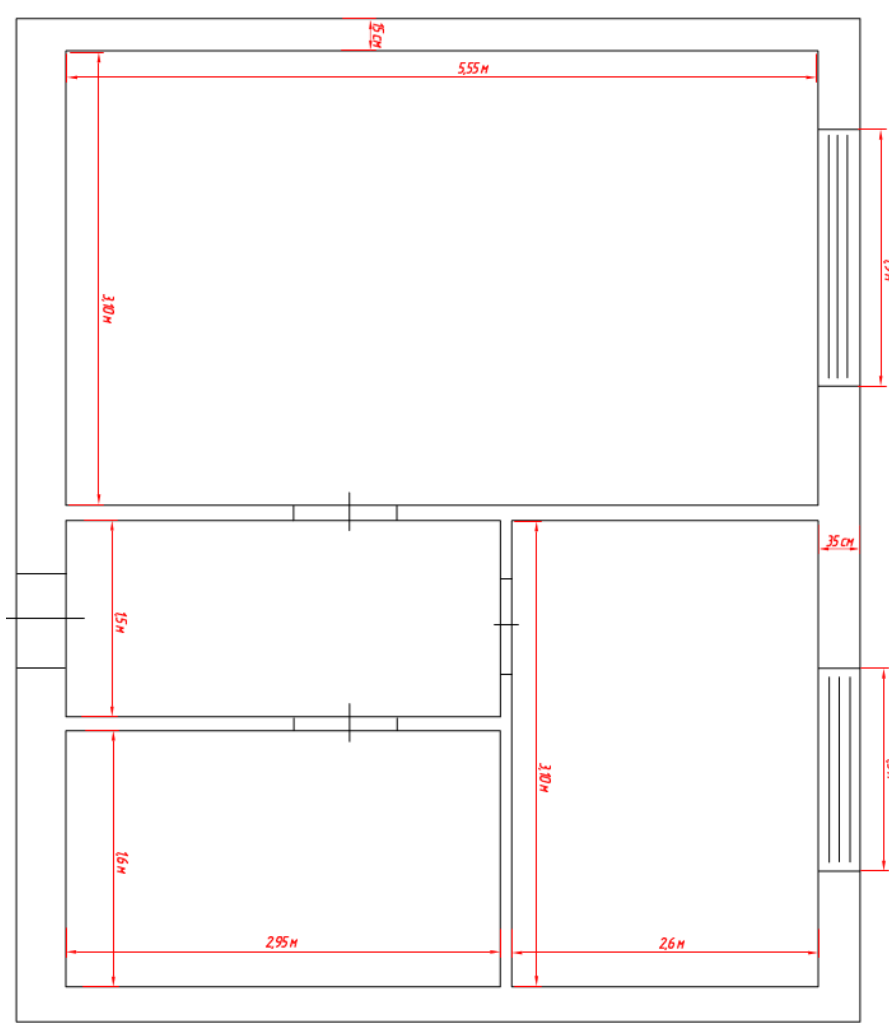


Рисунок 4.5 – План квартири

Розрахункове значення питомих тепловитрат на опалення будинку за січень 2021 року $q_{\text{буд}}$, кВт·год/м² визначається за формулою (4.1):

$$q_{\text{буд}} = \frac{Q_{\text{міс}}}{F_h}, \quad (4.1)$$

де F_h – опалювальна площа будівлі, , визначається як площа, яка вимірюється у межах внутрішніх поверхонь зовнішніх стін, що включає площу, яку займають перегородки і внутрішні стіни, м²;

Q_{mic} – розрахункові витрати теплової енергії на опалення будинку протягом місяця, кВт·год. Розраховується за формулою (4.2):

$$Q_{mic} = [Q_{ог}^M - (Q_{внп}) \cdot n \cdot \zeta] \cdot b_h, \quad (4.2)$$

де $Q_{ог}^M$ – загальні тепловтрати будинку через огорожувальну оболонку протягом місяця, кВт·год;

$Q_{внп}$ – побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, кВт·год;

n – коефіцієнт, що враховує здатність огорожувальних конструкцій будинків акумулювати або віддавати тепло під час періодичного теплового режиму; для будинку, що розглядається $n = 0,8$;

ζ – коефіцієнт авторегулювання подачі тепла в системах опалення; в будинку використовується двотрубна система опалення з поквартирним регулюванням; $\zeta = 0,95$;

b_h – коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системи опалення, пов'язане з дискретністю номінального теплового потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів додатковими тепловтратами через радіаторні ділянки огорожень, тепловтратами трубопроводів, що проходять через неопалювані приміщення: $b_h = 1,11$.

Загальні тепловтрати будинку через огорожувальну конструкцію за місяць визначаються за формулою (4.3):

$$Q_{ог} = F_{\Sigma}(t_{вн} - t_3)(1 + \beta) \cdot K_{буд}, \quad (4.3)$$

де F_{Σ} – загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій які беруть участь в теплообміні, 68,3 м², до яких входить: площа стелі F_c – 34,4 м², площа зовнішніх світлопрозорих огорожувальних конструкцій $F_{ст}$ – 4,48 м², площа зовнішніх стін F – 29,4 м²;

$t_{вн}$ – розрахункова температура повітря в приміщенні, 20 °С;

t_3 – розрахункова температура зовнішнього повітря протягом місяця, в січні 2021 року $-1,3$ °С, температура протягом 2021 року наведена у додатку Б;

β – додаткові тепловтрати, в частках від основних втрат. Так як вікна квартири орієнтовані на південь додаткові тепловтрати становитимуть 0,05;

$K_{\text{буд}}$ – загальний коефіцієнт теплопередачі будинку, Вт/(м²×К), визначається за формулою (4.4):

$$K_{\text{буд}} = k_{\text{п}} + k_{\text{інф}}, \quad (4.4)$$

де $k_{\text{п}}$ – питомий коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, Вт/(м²К);

$k_{\text{інф}}$ – умовний коефіцієнт теплопередачі будинку, що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

Питомий коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку $k_{\text{п}}$, визначається за формулою (4.5):

$$k_{\text{п}} = \xi \cdot \frac{\left(\frac{F_{\text{НП}}}{R_{\text{НП}}} + \frac{F_{\text{СП}}}{R_{\text{СП}}} + \frac{F_{\text{Г}}}{R_{\text{Г}}} \right)}{F_{\Sigma}}, \quad (4.5)$$

де F – Площа огорожувальної конструкції, м²;

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

R – питомий опір теплопередачі огорожувальних конструкцій, м²·К/Вт.

Питомий опір теплопередачі огорожувальних конструкцій визначається за формулою (4.6):

$$R = \delta/\lambda, \quad (4.6)$$

де δ – товщина конструкції, м;

λ – питома теплопровідність конструкції, Вт/(м·К).

Розрахуємо питомий опір теплопередачі зовнішніх непрозорих стінових огорожувальних конструкцій. Стіни представлені панелями з керамзитобетону товщиною 0,35м. Питома теплопровідність керамзитобетону 0,15 Вт/(м·К).

$$R_{\text{нп}} = (0,35 : 0,15) = 2,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Питомий опір теплопередачі зовнішніх світлопрозорих огорожувальних конструкцій. В квартиру встановлений склопакет типу 4М1–8–4М1, його опір теплопередачі $R_{\text{сп}} = 0,28 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$.

Питомий опір теплопередачі стелі. Панельне перекриття квартири має товщину 0,2 м та питому теплопровідність 1,7 Вт/(м·К). На стелі присутнє зовнішнє утеплення мінватою товщиною 0,1 м, та питому теплопровідність 0,042 Вт/(м·К).

$$R_{\text{с}} = (0,2 : 1,7) + (0,1 : 0,042) = 2,51 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Розрахуємо питомий коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку:

$$k_{\text{п}} = 1,13 \cdot \frac{\left(\frac{23,3}{2,3} + \frac{4,48}{0,28} + \frac{34,4}{2,51}\right)}{68,3} = 0,65 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}.$$

Умовний коефіцієнт теплопередачі будинку, що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації та вентиляції $k_{\text{інф}}$, визначається за формулою (4.7):

$$k_{\text{інф}} = \frac{0,278 \cdot c \cdot u_v \cdot V \cdot \gamma \cdot n_{\text{об}} \cdot \eta}{F_{\Sigma}}, \quad (4.7)$$

де c – питома теплоємність повітря, приймається $1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

u_v – коефіцієнт зниження об'єму повітря в будинку, який враховує наявність внутрішніх огорожувальних конструкцій, приймаємо $u_v = 0,85$;

V – опалювальний об'єм будинку, м^3 ;

$n_{\text{об}}$ – середня кратність повітрообміну будинку, год^{-1} ;

η – коефіцієнт впливу зустрічного теплового потоку в огорожувальних конструкціях; приймається за найбільшим значенням, єдиним для всього будинку, приймається $0,7$ – 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 за найбільшим значенням, єдиним для всього будинку;

γ – середня густина повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Таблиця 4.1 – Теплофізичні властивості сухого повітря за умови нормального атмосферного тиску

| t , °C | ρ , кг/м ³ | C_p , кДж/(кг×K) | $\lambda \cdot 10^2$, Вт/(м·K) | $a \cdot 10^6$, м ² /с | $\mu \cdot 10^6$, Н · см ² | ν · 10 ⁶ , м ² / А | Pr |
|-------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---|--|-------|
| -20 | 1,395 | 1,009 | 2,28 | 16,2 | 16,2 | 12,79 | 0,716 |
| -10 | 1,342 | 1,009 | 2,36 | 17,4 | 16,7 | 12,43 | 0,712 |
| 0 | 1,293 | 1,005 | 2,44 | 18,8 | 17,2 | 13,28 | 0,707 |
| 10 | 1,247 | 1,005 | 2,51 | 20 | 17,6 | 14,16 | 0,705 |
| 20 | 1,205 | 1,005 | 2,59 | 21,4 | 18,1 | 15,06 | 0,703 |

На основі даних таблиці 4.1 був побудований графік залежності густини повітря від його температури.

Залежність густини від температури повітря

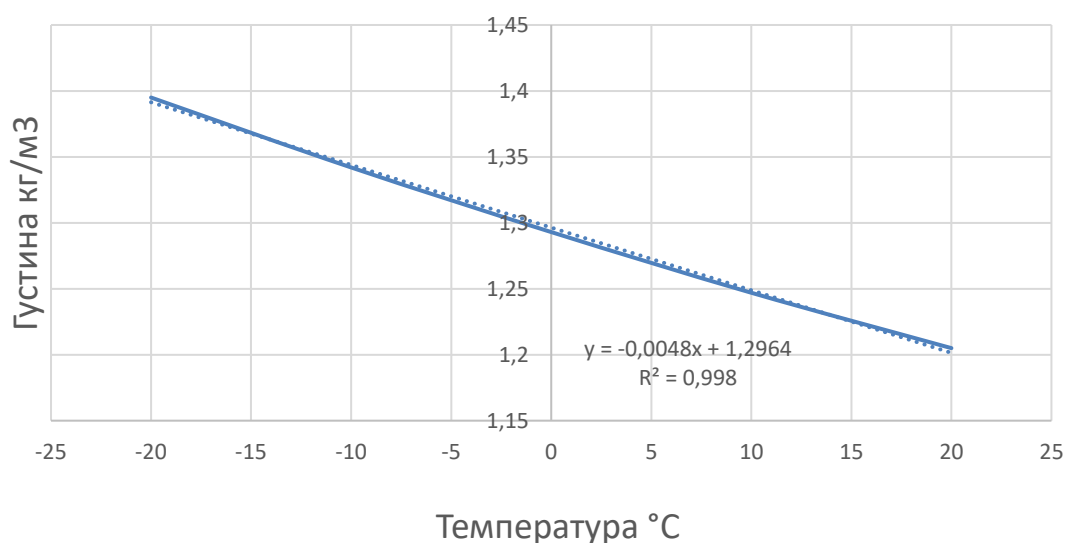


Рисунок 4.6 – Залежність густини повітря від його температури.

На основі лінійної функції цього графіку визначимо середню густину повітря, що надходить до приміщення за рахунок інфільтрації за формулою (4.8):

$$\gamma = -0,0048 \cdot t_3 + 1,2964, \quad (4.8)$$

$$\gamma = -0,0048 \cdot (-1,3) + 1,2964 = 1,3 \text{ кг/м}^3.$$

Середню кратність повітрообміну будинку визначимо за формулою (4.9):

$$n_{об} = \frac{3 \cdot F_{ж/к}}{u_v \cdot V}, \quad (4.9)$$

де $F_{ж/к}$ – площа житлових приміщень і кухні, м²;

u_v – коефіцієнт зниження об'єму повітря в будинку, що враховує наявність внутрішніх огорожень, 0,85.

$$n_{об} = \frac{3 \cdot 29,69}{0,85 \cdot 86,025} = 1,2 \text{ год}^{-1}.$$

Розрахуємо умовний коефіцієнт теплопередачі будинку за формулою (4.7):

$$k_{інф} = \frac{0,278 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 86,025 \cdot 1,3 \cdot 0,7 \cdot 1,2}{63,785} = 0,33 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}.$$

Загальні тепловтрати будинку визначимо за формулою (4.7):

$$K_{\text{буд}} = 0,65 + 0,33 = 0,98 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К}).$$

Загальні тепловтрати будинку через огорожувальну оболонку за опалювальний період визначемо за формулою (4.3):

$$Q_{\text{ог}} = (68,3 (20 - 1,3) \cdot 1,05) \cdot 0,98 = 1508 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Визначемо загальні тепловтрати через огорожувальну оболонку за січень 2021 року за формулою (4.10):

$$Q_{\text{огм}} = Q_{\text{ог}} \cdot d_{\text{м}} \cdot 24/1000, \quad (4.10)$$

де $d_{\text{м}}$ – кількість днів в місяці, діб.

$$Q_{\text{ог}}^{\text{м}} = 1508 \cdot 31 \cdot 24/1000 = 1121,9 \text{ кВт}\cdot\text{год}.$$

Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, визначаються за формулою (4.11):

$$Q_{\text{вн п}} = 0,024 \cdot q_{\text{вн п}} \cdot z_{\text{м}} \cdot F_{\text{ж/к}}, \quad (4.11)$$

де $q_{\text{п}}$ – величина побутових теплонадходжень на 1 м² житлової площі будівлі; для житлових будинків $q_{\text{вн п}} = 10 \text{ Вт}/\text{м}^2$;

$z_{\text{м}}$ – кількість днів в місяці, в січні 31 доба.

$$Q_{\text{вн п}} = 0,024 \cdot 10 \cdot 31 \cdot 29,69 = 220,89 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}.$$

Розрахункові витрати теплової енергії на опалення будинку протягом місяця розрахуємо за формулою (4.2):

$$Q_{\text{міс}} = [1121,9 - 220,89 + 0,8 \cdot 0,95] \cdot 1,11 = 1059 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Розрахуємо витрату енергії затраченої на опалення протягом місяця за формулою (4.12):

$$E_{\text{міс}} = Q_{\text{міс}} \cdot 3,6, \quad (4.12)$$

$$E_{\text{міс}} = 1059 \cdot 3,6 = 3812,6 \text{ МДж.}$$

Визначемо витрату умовного палива на опалення за місяць за формулою (4.13):

$$E_{\text{к}} = E_{\text{міс}} / 29,3, \quad (4.13)$$

$$E_{\text{к}} = 3812,6 / 29,3 = 130,1 \text{ кг.у.п.}$$

Витрати умовного палива на генерацію 1 Гкал при ККД котельні 72% дорівнюють 198,4 кг. В такому випадку на опалення даної однокімнатної квартири в січні 2021 року витрачено 0,65 Гкал. При ціні 2716,56 грн за Гкал, витрати на опалення квартири склали 1765,7 грн.

Розрахунки які представлені вище були проведені для кожного місяця в 2021 році, та наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Витрати на опалення протягом 2021 року

| Місяць | $t_3, ^\circ\text{C}$ | $Q_{\text{ог}}^{\text{М}},$ кВт·год | $Q_{\text{міс}},$ кВт·год | Ек, кг.у.п. | Гкал | Витрати на опалення, грн |
|----------|-----------------------|--|------------------------------|----------------|------|-----------------------------|
| Січень | -1,3 | 1121,9 | 1059 | 130,1 | 0,65 | 1765,7 |
| Лютий | 1,8 | 862,6 | 789,2 | 96,9 | 0,48 | 1303,9 |
| Березень | 2,6 | 912,1 | 826,1 | 101,5 | 0,51 | 1385,4 |
| Квітень | 8,1 | 599,5 | 485,2 | 59,6 | 0,29 | 787,8 |
| Травень | 14,6 | 278,8 | 123,2 | 15,1 | 0,07 | 190 |
| Червень | 21,7 | – | – | – | – | – |
| Липень | 20,8 | – | – | – | – | – |
| Серпень | 22,3 | – | – | – | – | – |
| Вересень | 12,7 | 365,7 | 3756,3 | 27,7 | 0,13 | 353 |
| Жовтень | 10,6 | 487,8 | 5055,8 | 43,6 | 0,21 | 570,4 |
| Листопад | 3,1 | 856,8 | 8965,1 | 94,7 | 0,47 | 1276,7 |
| Грудень | -0,7 | 1089,5 | 11404,8 | 125,7 | 0,63 | 1711,4 |
| Сума | – | 6575,2 | 11314,8 | 695,1089 | 3,44 | 9344,9 |

5 ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ВІД ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ПРИВАТНОГО ОДНОКВАРТИРНОГО БУДИНКУ

5.1 Економічний ефект від впровадження заходів термомодернізації

Утеплення зовнішніх стін буде здійснене мінеральною ватою товщиною 0,2 м, теплопровідність мінеральної 0,042 Вт/(м·К). Вартість утеплення мінеральною ватою разом з роботою по утепленню складає 550 грн за м². Площа стін які будуть утеплюватися 23,3 м², вартість утеплення 12815 грн.

Термомодернізувати стелю будемо мінватою товщиною 0,1 м, з теплопровідністю 0,042 Вт/(м·К). Вартість утеплення буде 340 грн за м² разом з роботою. Площа стелі 34,4 м², вартість її утеплення складає 11696 грн.

В квартирі встановлений склопакет типу 4М1–8–4М1, замість нього ми поставимо склопакет типу 4–20–4–20–4, його опір теплопередачі 7.1 м²·К/Вт. Вартість заміни склопакетів 18тис. грн.

Таблиця 5.1 – Витрати на опалення термомодернізованої квартири протягом 2021 року

| Місяць | t _з , °С | Q _{ог.м} , кВт·год | Q _{міс} , кВт·год | Q _{міс.к} , кВт·год | Ек, кг.у.п. | Гкал | Витрати на опалення, грн | Економія |
|----------|---------------------|-----------------------------|----------------------------|------------------------------|-------------|------|--------------------------|----------|
| Січень | -1,3 | 613,5 | 494,6 | – | 60,7 | 0,3 | 832,1 | 933,6 |
| Лютий | 1,8 | 470,1 | 353,5 | – | 43,4 | 0,2 | 594,8 | 709,1 |
| Березень | 2,6 | 496,7 | 365 | – | 44,8 | 0,2 | 614,1 | 771,3 |
| Квітень | 8,1 | 324,6 | 180 | – | 22,1 | 0,1 | 302,8 | 485 |
| Травень | 14,6 | 149,9 | – | 19,9 | – | – | – | 190 |
| Червень | 21,7 | -44,9 | – | 230,2 | – | – | – | – |
| Липень | 20,8 | -21,9 | – | 210,6 | – | – | – | – |
| Серпень | 22,3 | -62,7 | – | 255,9 | – | – | – | – |
| Вересень | 12,7 | 197 | 38,4 | – | 4,7 | 0,02 | 64,5 | 288,5 |
| Жовтень | 10,6 | 263,4 | 106,1 | – | 13 | 0,06 | 178,52 | 391,8 |
| Листопад | 3,1 | 466,4 | 337,3 | – | 41,4 | 0,2 | 567,5 | 709,2 |

| | | | | | | | | |
|---------|------|--------|--------|---|-------|------|-------|--------|
| Грудень | -0,7 | 623,7 | 506 | – | 62,1 | 0,3 | 851,3 | 860,1 |
| Сума | – | 3605,7 | 2381,2 | – | 292,5 | 1,47 | 4006 | 5338,9 |

Розрахуємо тепловтрати та витрати на опалення утепленої квартири за принципом який наведений в розділі 4.2. Отримані дані наведені в таблиці 5.1. Витрати теплової енергії на кондиціонування позначимо через $Q_{\text{міс.к}}$.

Загальна сума капіталовкладень на утеплення квартири склала 42511 грн. Витрати на опалення квартири зменшились з 9344,9 до 4006 грн, що на 57% менше ніж до утеплення. Термін окупності проекту з утеплення квартири при річній економії 5338,9 грн складає 8 років.

Для додаткового зменшення витрат на опалення раціонально відмовитись від централізованого опалення та встановити тепловий насос. Вартість теплового насоса який задовільняє вимоги даної квартири складає 18700 грн разом з його встановленням.

Даний тепловий насос працює при таких діапазонах зовнішніх температур на обігрів від $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+24\text{ }^{\circ}\text{C}$, на охолодження від $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+43\text{ }^{\circ}\text{C}$. На основі даних з таблиці 4.4, та даних робочих діапазонів зовнішніх температур було побудовано графік залежності енергоспоживання та потужності теплового насоса в режимі обігріву від температури навколишнього середовища.

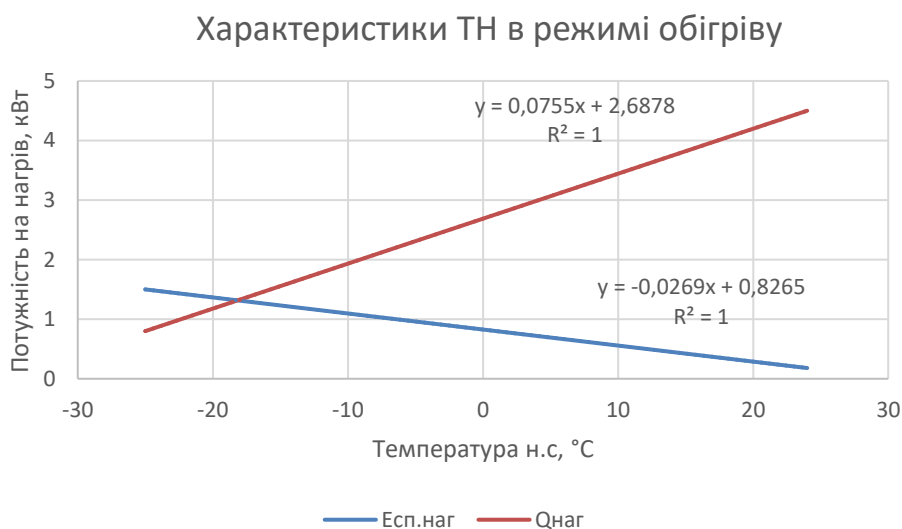


Рисунок 5.1 – Залежність енергоспоживання та потужності теплового насоса в режимі обігріву від температури навколишнього середовища: $E_{\text{сп.наг}}$

– енергоспоживання ТН в режимі обігріву; $Q_{\text{наг}}$ – потужність ТН в режимі обігріву.

Таблиця 5.2 – Характеристики обраного теплового насосу

| | |
|---|--|
| Тип фреону (холодоагент) | R32 |
| Споживана потужність, кВт | Холод: 1,09 (0,09–1,45) / 0,99 (0,18–1,50) |
| Сезонний коефіцієнт продуктивності SEER (охолодження) | 7,0(A++) |
| Сезонний коефіцієнт продуктивності SCOP (обігрів) | 5.1(A+++) |
| Рівень шуму зовнішнього блоку Дб | 52 |
| Рівень шуму внутрішнього блоку Дб – min/max | 20/24/28/32/36/41/46 |
| Розміри зовнішнього блоку, мм | 830x540x325 |
| Розміри внутрішнього блоку, мм | 889x294x212 |
| Розмір приміщення, м ² | 35 |
| Продуктивність охолодження, кВт | 3,50 (0,70–4,00) |
| Продуктивність обігріву, кВт | 3,67 (0,80–4,50) |
| Повітряпродуктивність, м ³ /год | 390/420/450/490/ 560/620/680 |
| Напруга, В/Гц/Ф | ~ 220–240В/50Гц/1Ф |
| Колір | Білий |

На основі лінійної функції графіку на рисунку 5.1 визначемо споживання теплового насосу при середній температурі в січні 2021 року –1,3 °С за формулою (5.1):

$$E_{\text{ТН}} = - 0,0269 \cdot t_3 + 0,8265. \quad (5.1)$$

$$E_{\text{т.н}} = -0,0269 \cdot (-1,3) + 0,8265 = 0,86147 \text{ кВт.}$$

На основі лінійної функції графіку на рисунку 5.1 визначемо теплову потужність нагріву насосу при середній температурі в січні 2021 року $-1,3 \text{ }^\circ\text{C}$ за формулою (5.2):

$$Q_o^{\text{т.н}} = -0,0755 \cdot t_s + 2,6878. \quad (5.2)$$

$$Q_o^{\text{т.н}} = -0,0755 \cdot (-1,3) + 2,6878 = 2,5896 \text{ кВт.}$$

Максимальну потужність обігріву теплового насосу в місяць розрахуємо за формулою (5.3):

$$Q_o^{\text{т.н.м}} = T \cdot 24 \cdot Q_o^{\text{т.н}}, \quad (5.3)$$

де T – кількість днів в місяці.

$$Q_o^{\text{т.н.м}} = 31 \cdot 24 \cdot 2,5896 = 1926,7 \text{ кВт}\cdot\text{год.}$$

Розрахуємо коефіцієнт роботи теплового насосу за формулою (5.4):

$$K_p^{\text{тн}} = 1 - \frac{Q_o^{\text{т.н.м}} - Q_{\text{міс.о}}}{Q_o^{\text{т.н.м}}}. \quad (5.4)$$

$$K_p^{\text{тн}} = 1 - \frac{1926,7 - 494,6}{1926,7} = 0,256735.$$

Фактичне енергоспоживання теплового насосу протягом місяця розраховується за формулою (5.5):

$$E_{\text{т.н.ф}} = E_{\text{т.н}} \cdot K_p^{\text{тн}}. \quad (5.5)$$

$$E_{\text{т.н.ф}} = 0,86147 \cdot 0,256735 = 0,221169 \text{ кВт.}$$

Визначемо енергію затрачену на роботу теплового насосу за місяць за формулою (5.6):

$$E_{\text{нт}}^{\text{м}} = E_{\text{т.н.ф}} \cdot \tau \cdot 24 \text{ .} \quad (5.6)$$

$$E_{\text{нт}}^{\text{м}} = 0,221169 \cdot 31 \cdot 24 = 164,55 \text{ кВт}\cdot\text{год .}$$

Вартість однієї кВт·год становить 2,64 грн, отже вартість опалення квартири тепловим насосом в січні складає 434,4 грн.

Розрахуємо вартість кондиціонування тепловим насосом в червні 2021 року. Для цього побудуємо графік залежності енергоспоживання та потужності теплового насоса в режимі кондиціонування від температури навколишнього середовища на основі даних таблиці 5.2.

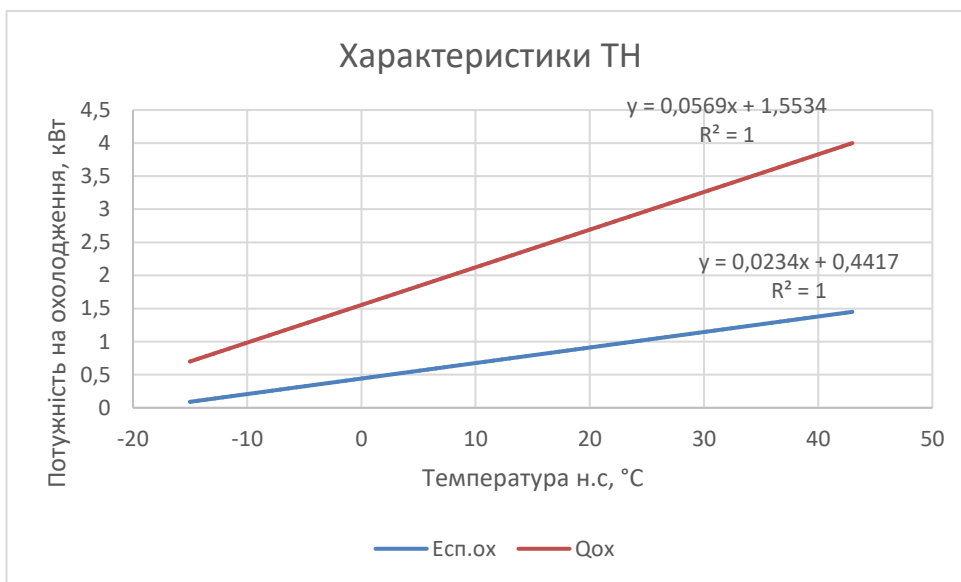


Рисунок 5.2 – Залежність енергоспоживання та потужності теплового насоса в режимі кондиціонування від температури навколишнього середовища: $E_{\text{сп.ох}}$ – енергоспоживання ТН в режимі кондиціонування; $Q_{\text{ох}}$ – потужність ТН в режимі кондиціонування.

На основі лінійної функції цього графіку визначемо споживання теплового насосу при середній температурі в червні 2021 року 21,7 °С за формулою (5.7):

$$E_{\text{Т.Н.КОН}} = 0,0234 \cdot t_3 + 0,4417. \quad (5.7)$$

На основі лінійної функції графіку на рисунку 4.8 визначемо теплову потужність нагріву насосу при середній температурі в червні 2021 року 21,7 °С за формулою (5.8):

$$Q_o^{\text{Т.Н}} = 0,0569 \cdot t_3 + 1,5534. \quad (5.8)$$

Розрахунки вартості кондиціонування та опалення тепловим насосом протягом 2021 року були проведені за принципом який описаний вище, дані наведені в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Витрати на опалення та кондеціонування тепловим насосом.

| Місяць | Енергія затрачена на опалення, кВт·год | Енергія затрачена на кондиціонування, кВт·год | Витрата коштів на опалення та кондиціонування, грн | Економія |
|----------|--|---|--|----------|
| Січень | 164,55 | – | 434,4 | 397,7 |
| Лютий | 97,4 | – | 257,2 | 337,6 |
| Березень | 95,7 | – | 252,8 | 361,3 |
| Квітень | 33,2 | – | 87,6 | 215,2 |
| Травень | – | 6,5 | 17,2 | - 17,2 |
| Червень | – | 78,4 | 206,9 | - 206,9 |
| Липень | – | 71,4 | 188,6 | - 188,6 |
| Серпень | – | 87,3 | 230,7 | - 230,7 |
| Вересень | 5,1 | – | 13,4 | 51,1 |
| Жовтень | 16,4 | – | 43,4 | 135,1 |
| Листопад | 85,8 | – | 226,5 | 341 |
| Грудень | 162,3 | – | 428,6 | 422,7 |
| Сума | 660,68 | 243,7 | 2387,7 | 1618,3 |

Сума капіталовкладень склала 18700 грн, річна економія 1618,3 грн. Термін окупності встановлення теплового насосу 11,5 роки.

Для того щоб повністю самозабезпечити квартиру енергією на кондиціонування та опалення, встановимо сонячну панель. Для роботи теплового насоса та постійного підзаряджання акумуляторних батарей сонячна панель має бути потужністю 1 кВт, цього вистачить з запасом, так як фактичне енергоспоживання теплового насоса в січні становить 0,22 кВт.

Щоб підтримувати автономну роботу теплового насосу під час темного часу доби потрібно 5 акумуляторів ємністю 100 А/г, з такою кількістю акумуляторів максимальний час автономної роботи теплового насосу складає 16 годин.

Вартість такої модернізації складає: сонячна панель потужністю 1 кВт – 10650 грн; 5 акумуляторів ємністю 100 А/г – 25000 грн; інвертор 15000.

Порівняння витрат на опалення та кондиціонування квартири до термомодернізації та після, наведено в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Витрати на опалення та кондиціонування після термомодернізації.

| Місяць | Витрати на опалення до термомодернізації, грн | Витрати на опалення після утеплення та встановлення Т.Н., грн | Витрати на опалення після встановлення сонячної панелі, грн | Економія після встановлення сонячної панелі | Економія після впровадження всіх заходів по термомодернізації |
|----------|---|---|---|---|---|
| Січень | 1765,7 | 434,4 | – | 434,4 | 1765,7 |
| Лютий | 1303,9 | 257,2 | – | 257,2 | 1303,9 |
| Березень | 1385,4 | 252,8 | – | 252,8 | 1385,4 |
| Квітень | 787,8 | 87,6 | – | 87,6 | 787,8 |
| Травень | 190 | 17,2 | – | 17,2 | 190 |
| Червень | – | 206,9 | – | 206,9 | 206,9 |
| Липень | – | 188,6 | – | 188,6 | 188,6 |
| Серпень | – | 230,7 | – | 230,7 | 230,7 |
| Вересень | 353 | 13,4 | – | 13,4 | 353 |
| Жовтень | 570,4 | 43,4 | – | 43,4 | 570,4 |
| Листопад | 1276,7 | 226,5 | – | 226,5 | 1276,7 |
| Грудень | 1711,4 | 428,6 | – | 428,6 | 1711,4 |
| Сума | 9344,9 | 2387,7 | – | 2387,7 | 9970,5 |

Сума капіталовкладень для встановлення сонячної панелі складає 51650 грн. При річній економії 2387,7 термін окупності буде 21,6 роки.

Найбільш економічно вигідним варіантом термоізоляції буде утеплення будинку та встановлення теплового насосу. Вартість такої модернізації 61211 грн, загальна річна економія при модернізації 6957,2 грн. Термін окупності складає 8,8 роки.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі було здійснено наступне:

У першому розділі були розглянуті основні поняття та принципи екологічної безпеки при будівництві житлових будинків, також було досліджено вплив термоізоляції та термомодернізації на збереження енергетичних ресурсів.

У другому розділі був проведений аналіз стану сучасних одноквартирних будинків. Було розглянуто використання енергоресурсів та енергоносіїв при експлуатації цих будинків, викиди парникових газів та шкідливих речовин ними.

У третьому розділі були досліджені екологічні та енергоефективні будівельні матеріали для термомодернізації та будівництва. Проаналізовано методи використання джерел альтернативної енергії в приватних будинках. Були розглянуті системи управління енергоспоживанням будинків.

У четвертому розділі були досліджені сучасні методи термоізоляції будинків. Розраховані загальні тепловтрати для однокімнатної квартири до і після термомодернізації, розраховано термін окупності проекту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. "Екобудівництво" на сайті info@ekodim.rv.ua, <http://ekodim.rv.ua/>.
2. На шляху зеленої модернізації економіки: модель сталого споживання та виробництва: довідник / Берзіна С.В., Бузан Г.С., Вакараш В.М., Князькова Т.В., Ворфоломеев А.В., Гайдаєнко Ю.В., Кравченко Б.М., Ткач О.В., Чайковський О.А., Хохотва О.П., Цибка М.М., Шилович І.Л.: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017.
3. Шило Н. М. Екологічне будівництво. Запорука успіху і основні напрямки / Н. М. Шило // Сучасні проблеми архітектури та містобудування. – 2011. – Вип. 26.
4. Стратегія і тактика, стан соціально-економічного розвитку України : наук.-інформац. зб. 2009. Вип. 33.
5. Галушкіна Т.П. Економіка природокористування : навч. посібник. - Харків : Бурун Книга, 2009.
6. Трегобчук В., Веклич О. Ресурсо-екологічна безпека – Економіка України. – 2002. – №4.
7. Мица Н.В. Сутність та проблеми енергозбереження в Україні – Н.В.Мица – Сталий розвиток економіки. – 2011. - №4.
8. Ковальський В., Голодников А., Григора М., Косарев А., Кузьменко В., Про підвищення рівня енергетично-екологічної безпеки України/ – 2000. – №10.
9. Hald M. Sustainable Urban Development and the Chinese Eco-City Concepts, Strategies, Policies and Assessments / M. Hald. – Lysaker, 2009.
10. Термомодернізація житлового фонду: організаційний, юридичний, соціальний, фінансовий і технічний аспекти: Практичний посібник. Видання 2-ге, доповнене. / за загальною редакцією Бригілевича В. – Львів, 2014.
11. “Зелені” інвестиції у сталому розвитку: світовий досвід та український контекст URL: https://razumkov.org.ua/uploads/article/2019_ZELEN_INVEST.pdf

12. Єлісеєва Г. Ю. Статистичне оцінювання розвитку зеленої економіки в Україні / Г. Ю. Єлісеєва // Вісн. Дніпропетр. ун-ту. Сер. Економіка. – 2013. – Вип. 7 (2).

13. Екосередовище і сучасність : у 8 т. / С. І. Дорогунцов, М. А. Хвесик, Л. М. Горбач, П. П. Пастушенко. – Київ : Кондор, 2007. – Т. 6 : Екосередовище та євроінтеграційні процеси.

14. Про Національний план дій на 2013 рік щодо впровадження Програми економічних реформ на 2010 - 2014 роки "Заможне суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава": Указ Президента України; План від 12.03.2013 № 128/2013.

15. Кожушко Л.Ф., Скрипчук П.М. Екологічний менеджмент : підручник. - К. : Видавничий центр "Академія", 2007.

16. Про внесення змін до наказу від 09.09.2006 № 301 "Про надання чинності ДБН В.2.6-31:2006 "Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель": Наказ Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 20.02.2008 № 91.

17. ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція та енергоефективність будівель": Наказ Мінрегіону України від 30.12.2021 № 366 та накази від 31.01.2022 № 22, від 08.04.2022 № 62, від 16.05.2022 № 72

18. Шість кроків до енергоефективності будівель в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecotown.com.ua/news/SHist-kroktiv-doenerhoefektyvnosti-budivel-v-Ukrayini/>.

19. Вовк М. С. Крокування країн до високого конкурентного рейтингу та "зеленої економіки" за допомогою систем екологічного менеджменту / М. С. Вовк // Екон. простір : зб. наук. праць. – Дніпропетровськ, 2013. – № 76.

20. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України; від 17.10.2019 №51

21. ДБН В.2.2-15:2019 Житлові будинки. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2019.

22. Мельник Л.Г. Екологічна економіка : підручник - Суми : Університетська книга, 2014.

23. Лесик М.І. Екологічні інновації: сутність, особливості та фактори розвитку. Бізнес-аналітика в управлінні зовнішньоекономічною діяльністю: Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції, 17 березня 2020 року / Упоряд. О.А. Іващенко. Київ: ДП «Інформаційно-аналітичне агентство», 2020.

24. Фаренюк Г.Г. Енергетична ефективність підвищення теплотехнічних показників основних елементів теплоізоляційної оболонки будинків. / Г.Г. Фаренюк // Будівництво України.– 2008. – № 8

25. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – К.: Мінрегіон України, 2014.

26. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6- 31:2016. - К.: Мінбуд України, 2016.

27. Федулова Л. І. Технологічний розвиток економіки України / НАН України, Ін-т економіки та прогнозування. Київ, 2006.

28. Дідук О.В. Альтернативна енергетика – шлях до енергонезалежності [Електронний ресурс]. – Офіційний сайт компанії «Альянс «Нова енергія України», розділ «Блоги», стаття «Альтернативна енергетика – шлях до енергонезалежності».

29. Директива Європейського Парламенту та Ради 2018/2001 від 11 грудня 2018 року «Про заохочення використання енергії з відновлюваних джерел».

30. Адаменко О.М., Височанський В., Лютко В., Михайлів М. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії. Монографія. – ІваноФранківськ: ІМЕ, 2017.

31. Активізація інноваційної діяльності: організаційно-правове та соціальне забезпечення: монографія / О.І. Амоша, В.П. Антонюк, А.І. Землякін та ін.; НАН України, Ін-т економіки промисловості. Донецьк, 2007.

32. Адаменко О.М., Височанський В., Лютко В., Михайлів М. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії. Монографія. – ІваноФранківськ: ІМЕ, 2017.

33. Україна - Прогноз ринку сонячної енергії, 2018-2022 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://eurasianetwork.eu/2019/10/21/ukrainesolar-power-market-outlook-2018-2022/>

34. Сохацька, О.М. Сучасні тенденції на світовому ринку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії / О.М. Сохацька, Н.Є. Стрельбіцька // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит – 2015. – № 11(93).

35. Єгорова В. До питання про розвиток електроенергетики України. // Економіка України. - 2018. - № 11.

36. Кононенко І.К. Електроенергетика: проблеми та перспективи // Економіка України. - 2016. - № 2.

37. Нойферт П. Л. Проектування і будівництво. Дім. Квартира. Сад. 2006 – ст. 52-64.

38. Biomass – Advantages and Characteristic Features [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://merp.org.ua/us/for-media/80-articles-eng/177-2016-04-14-06-55-50.html>.

39. Відновлювана енергетика України: підсумки 2017 року. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ecoclubua.com/2017/03/vidnovlyuvanaenerhetyka-ukrajiny-pidsumky-2017-roku>.

40. Patrascu M. Integrating Services and Agents for Control and Monitoring: Managing Emergencies in Smart Buildings. Service Orientation in Holonic and MultiAgent Manufacturing and Robotics. / Patrascu., 2014.

41. Dickson B. How to prevent your IoT devices from being forced into botnet bondage [Електронний ресурс] / Dickson. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://techcrunch.com/2016/08/16/how-to-prevent-your-iot-devices-from-being-forcedinto-botnet-slavery/>.

42. Самолюк Н.М., Бондарець Д.В. Дослідження ефективності впровадження енергозберігаючих заходів у житлових будинках / Вісник НУВГП, серія «Економічні науки», Випуск 1(77). – Рівне, 2017.

43. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6- 31:2006. - К.: Мінбуд України, 2006. – 70 с.

44. Дізнайтеся наскільки вікно енергоефективне [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://okna.ua/su>

ДОДАТОК А**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

Назва роботи: Розробка заходів екологічної безпеки термомодернізації приватних одноквартирних будинків

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ екології, хімії та технологій захисту довкілля

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 90,1% Схожість 9,9%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Матусяк М.В.

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи

Автор роботи  Левчук Н.Д.

Керівник роботи

A handwritten signature in blue ink, consisting of several fluid, overlapping strokes that form a stylized, somewhat abstract shape.

Петрук Р.В.

ДОДАТОК Б**ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА**

**РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ
ПРИВАТНИХ ОДНОКВАРТИРНИХ БУДИНКІВ**

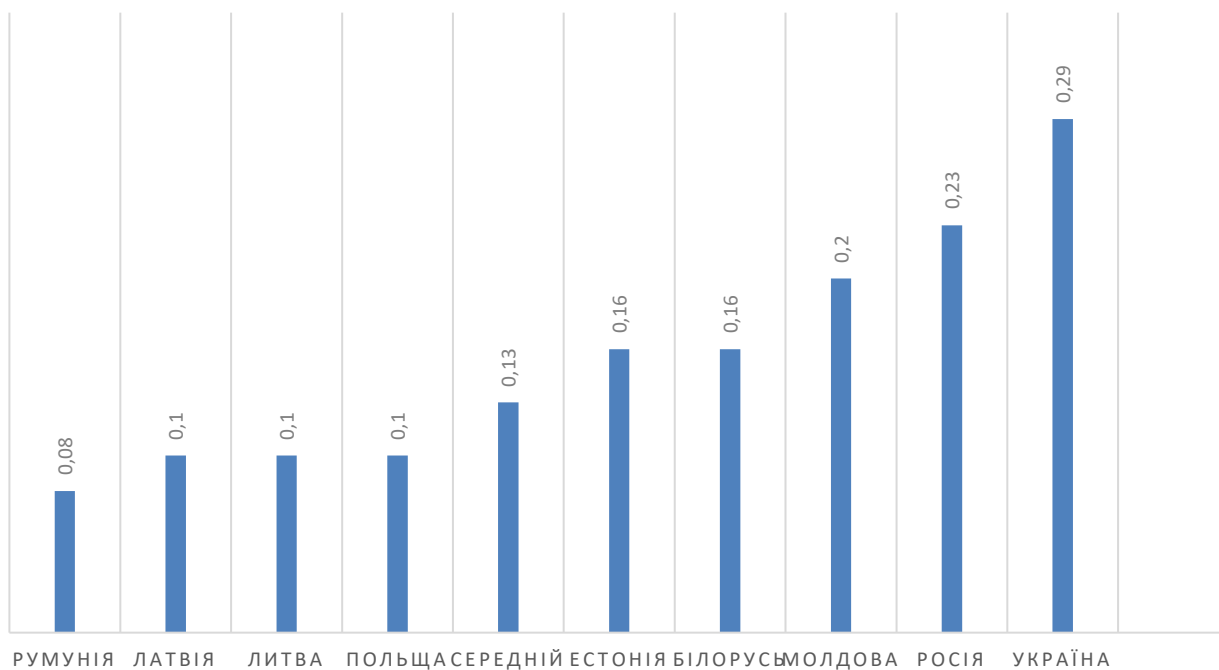


Рисунок Б.1 – Енергоємність економік країн, кг нафтового еквіваленту/\$ ВВП

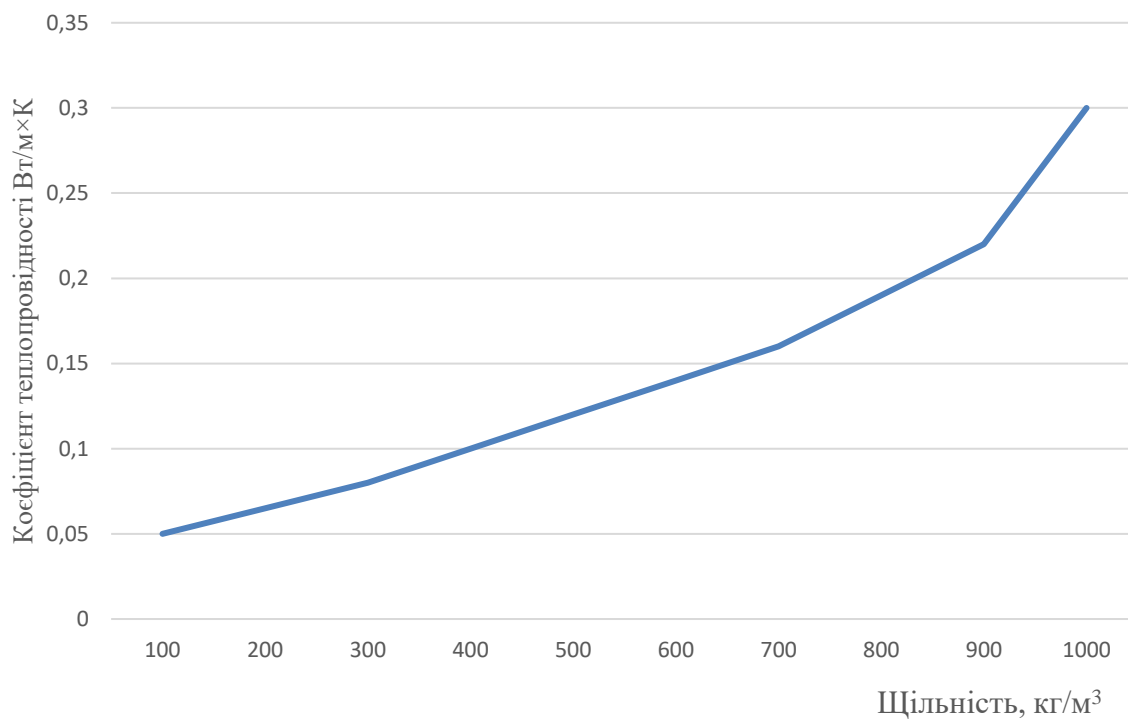


Рисунок Б.2 – Залежність теплопровідності ізоляційного матеріалу від його щільності.

Потенціал галузі відновлювальних джерел енергії в
Україні

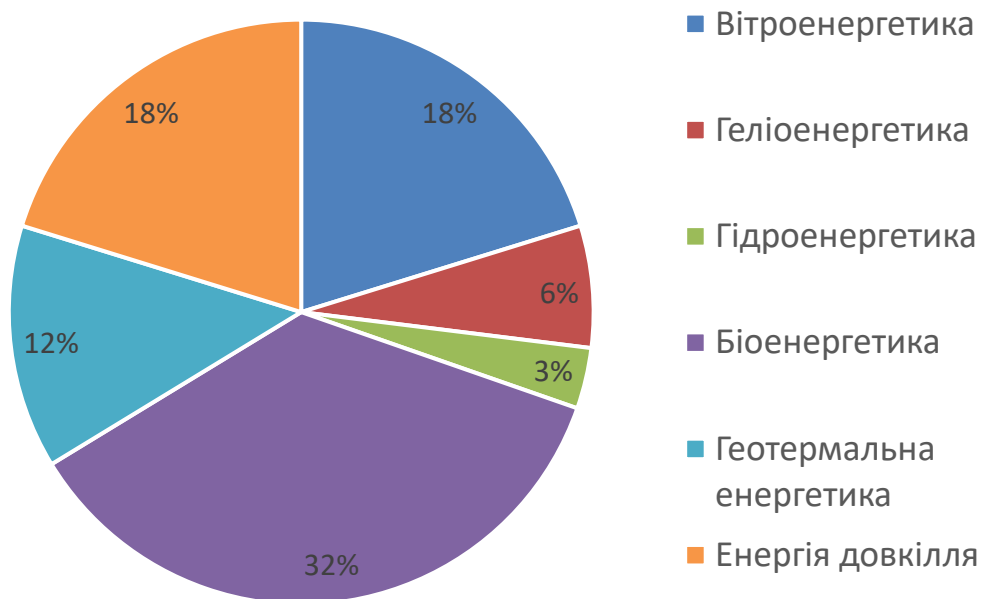


Рисунок Б.3 – Потенціал галузі відновлюваних джерел енергії в Україні

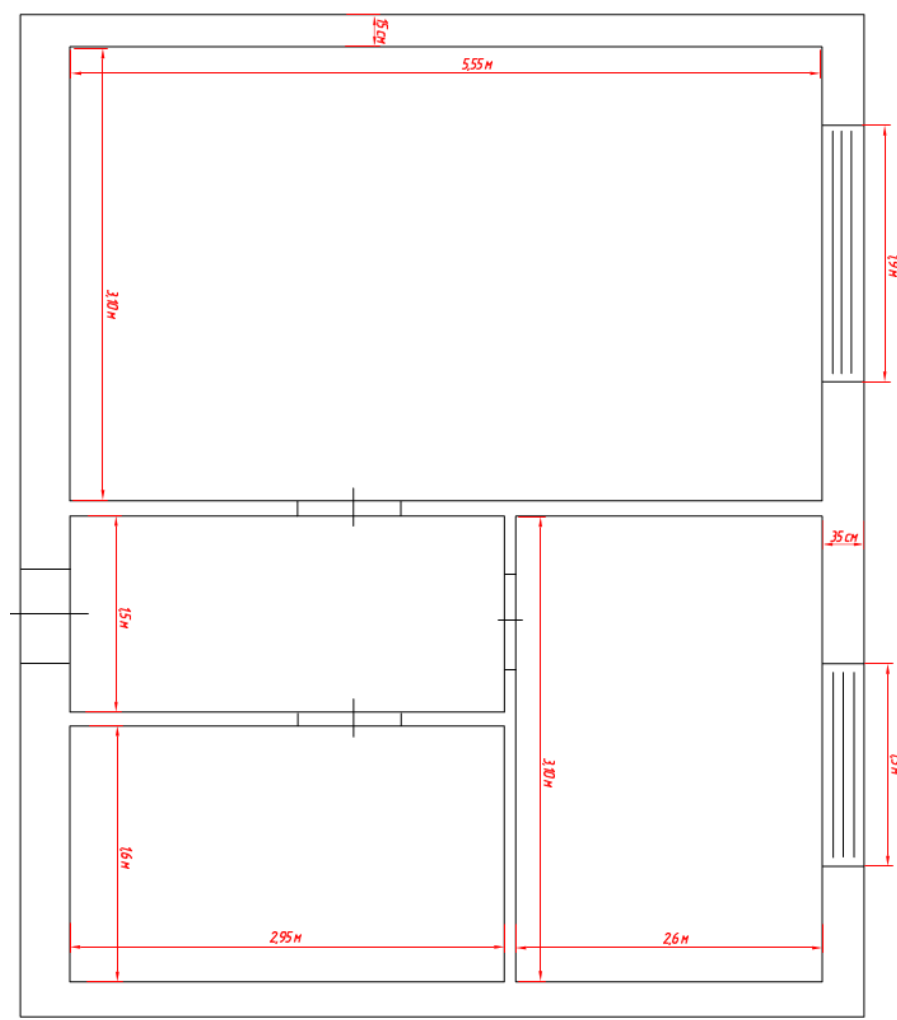


Рисунок Б.4 – План квартири

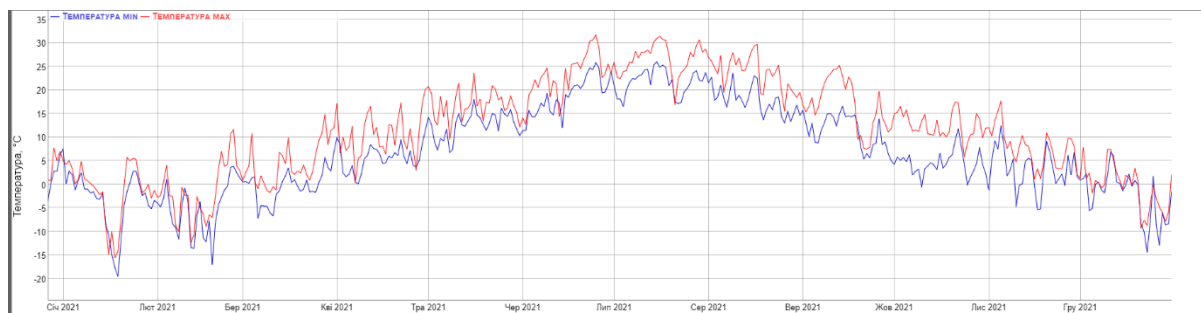


Рисунок Б.5 –Графік температури протягом 2021 року.

