

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

УДК _____

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
«Інженерії енергосистем»

_____ /Каплун В.В./
(підпис)

_____ /Антипов Є.О./
(підпис)

« ____ » _____ 2024 р.

« ____ » _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Розробка системи енергопостачання енергозберігаючого
фермерського будинку»

Спеціальність 144–«Теплоенергетика»

Освітня програма Інженерія відновлювальних джерел енергії та
енергоменеджмент

Орієнтація освітньої програми Освітньо-професійна

Гарант освітньої програми

Професор, доктор технічних наук _____

Горобець В.Г.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Професор, доктор технічних наук _____

Горобець В.Г.

Виконав

Чеботар С.С.

КИЇВ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ
ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Інженерії енергосистем

_____ к.т.н, доц. **Антипов Є.О.**

« ____ » _____ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ
Чеботарю Сергію Сергійовичу**

Спеціальність: **144–«Теплоенергетика»**

Освітня програма **Інженерія відновлювальних джерел енергії та енергоменеджмент**

Орієнтація освітньої програми **Освітньо-професійна**

Тема магістерської роботи **«Розробка системи енергопостачання енергозберігаючого фермерського будинку»**, затверджена наказом від 23.06.2021 року №11 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру **15.11.2024 року**

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: завдання кафедри на виконання магістерської роботи; нормативні документи по проектуванню об'єктів автоматизації; матеріали дослідження та аналізу; наукова література з тематики магістерської роботи.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Загальна характеристика об'єкту.
2. Розрахунок теплового навантаження і вентиляції для будинку
3. Розрахунок теплової потужності системи гарячого водопостачання
4. Розрахунок системи електропостачання для будинку
5. Вибір обладнання системи тепlopостачання та його обґрунтування.

Дата видачі завдання «17» грудня 2023 року

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Горобець В.Г.

Завдання прийняв до виконання _____ Чеботар С.С.

РЕФЕРАТ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Магістерська робота складається з 65 сторінок, включає 11 ілюстрацій, 8 таблиць, та посилається на 25 використаних джерел. Робота виконана у межах спеціальності 144 «Теплоенергетика» та має на меті розробку ефективної системи енергопостачання для енергозберігаючого фермерського будинку.

Структура та зміст роботи:

1. Актуальність теми обґрунтована глобальними екологічними викликами та необхідністю підвищення енергоефективності. Зростання вартості енергоресурсів, обмеженість їх запасів і негативний вплив на довкілля потребують впровадження інноваційних технологій, які сприяють зменшенню енергоспоживання та використанню відновлюваних джерел енергії.

2. Теоретичні основи дослідження. Представлені аналіз сучасних технологій енергозбереження та постановка завдань дослідження.

3. Характеристика об'єкта. Описано енергоефективний фермерський будинок із зазначенням конструктивних матеріалів та аналіз тенденцій розвитку енергозберігаючих будівель в Україні.

4. Розрахунки енергетичних систем. Проведені розрахунки теплових втрат, теплової потужності систем опалення, водопостачання, вибір обладнання, параметри сонячних панелей, теплових насосів та геліоколекторів.

5. Економічна оцінка проєкту. Оцінено окупність запропонованих заходів і обґрунтована економічна доцільність.

6. Охорона праці. Розглянуто питання безпеки експлуатації енергетичного обладнання та заходи захисту від блискавки.

7. Висновки. Підсумовано результати дослідження, підкреслено ефективність запропонованої системи енергозабезпечення та її значення для сталого розвитку.

ВИСНОВКИ

Робота демонструє, що впровадження енергозберігаючих технологій у фермерські будинки дозволяє зменшити витрати на енергію, підвищити екологічну безпеку та сприяти сталому розвитку. Запропоновані рішення є економічно вигідними та адаптованими до сучасних екологічних стандартів.

Ключові слова: енергозбереження, тепловий насос, сонячні панелі, енергоефективність, фермерський будинок, відновлювані джерела енергії, теплові втрати.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАНЬ.....	10
ета дослідження	10
б'єкт дослідження	10
редмет дослідження	10
остановка завдань дослідження	10
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ТА АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО БУДІВНИЦТВА.....	12
агальна характеристика будинку.....	12
атеріали, використані для будівництва	12
енденції розвитку енергозберігаючих будинків в Україні та за кордоном	13
сновні напрями енергозберігаючого будівництва в Україні.....	16
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНКИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕЛЕМЕНТІВ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	22
озрахунок теплових втрат будівлі	22
озрахунок теплових надходжень та загальної теплової потужності.....	27
озрахунок теплової потужності системи гарячого водопостачання.....	30
озрахунок потужності теплового насосу.....	31
ідбір та обґрунтування вибору рекуператора	36
роєктування теплообмінника для кухні (регулювання температури води в крані та системі опалення)	39
озрахунок параметрів геліоколектора	41
озрахунок параметрів теплового акумулятора	42

озрахунок параметрів сонячних панелей та акумуляторних систем.....	49
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЄКТУ	51
озрахунок терміну окупності сонячної уставки	51
озрахунок терміну окупності додаткового устаткування	52
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	55
безпека експлуатації обладнання в енергозберігаючому будинку.....	55
захист будинку від блискавки	56
робота з обладнанням	57
ВИСНОВКИ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	64

ВСТУП

Енергетична криза, підвищення цін на енергоносії та негативний вплив традиційних джерел енергії на довкілля є одними з головних викликів сучасного світу. Це спонукає до активного пошуку нових підходів до енергозабезпечення, особливо у сільському господарстві, де витрати на енергію можуть становити значну частку виробничих витрат. У цьому контексті особливу увагу привертає впровадження енергоефективних технологій у будівництво та експлуатацію будинків.

З кожним роком вимоги до енергоефективності в сільському господарстві стають все жорсткішими, що зумовлено глобальними екологічними викликами та економічними тенденціями. Зростання вартості енергоресурсів, а також необхідність зменшення викидів парникових газів змушують аграрний сектор адаптуватися до нових стандартів і шукати більш стійкі та екологічні рішення.

На міжнародному рівні дедалі більше країн приймають стратегії щодо переходу до "зеленої" енергії та впровадження відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні, вітрові та біоенергетичні технології. В Європейському Союзі діють суворі нормативи, що регулюють енергоефективність будівель, включно з тими, що використовуються у сільському господарстві. Зокрема, європейська політика зобов'язує зменшити споживання енергії в усіх секторах, в тому числі аграрному, на користь більш екологічно безпечних технологій.

Україна також слідує цим тенденціям, розробляючи власні стандарти енергоефективності та стимулюючи впровадження енергозберігаючих технологій у сільському господарстві. Наприклад, діють програми фінансової підтримки для фермерів, які хочуть впроваджувати інноваційні рішення у своїх господарствах, такі як модернізація систем опалення, використання теплових насосів, сонячних панелей або встановлення сучасних систем утеплення.

Енергозберігаючі системи дозволяють не лише зменшити витрати на енергопостачання, але й підвищити екологічну безпеку господарства, сприяючи сталому розвитку аграрного сектору. Використання відновлюваних джерел

енергії, таких як сонячні батареї, вітрові турбіни та теплові насоси, дає можливість зменшити залежність від традиційних джерел енергії, які забруднюють довкілля і є обмеженими.

Значення енергозбереження для фермерських господарств.

Енергозбереження є одним із ключових факторів сталого розвитку фермерських господарств. Оптимізація енергетичних витрат дозволяє зменшити залежність від зовнішніх постачальників енергії та значно знизити експлуатаційні витрати. Це особливо актуально для фермерських господарств, які використовують великі обсяги енергії для опалення, освітлення, зрошення та інших операцій.

Впровадження енергозберігаючих технологій у сільське господарство має численні переваги:

- Зниження витрат на електроенергію та паливо. Сучасні технології дозволяють зменшити витрати на опалення та освітлення фермерських будівель, використовуючи альтернативні джерела енергії.
- Підвищення продуктивності господарства. Оптимізація енергетичних ресурсів дозволяє направляти зекономлені кошти на інші виробничі потреби, що підвищує загальну ефективність.
- Покращення екологічної безпеки. Використання "зеленої" енергії сприяє зниженню викидів шкідливих речовин в атмосферу, що робить господарство більш екологічно дружнім.

Незалежність від коливань цін на енергоносії. Використовуючи відновлювані джерела енергії, фермери можуть зменшити свою залежність від ринку нафти і газу, що робить господарство стійкішим до економічних змін. Енергозбереження не лише знижує витрати та збільшує прибутковість фермерських господарств, але й сприяє стійкості аграрного сектору перед екологічними та економічними викликами сучасності.

Фермерські будинки зазвичай розташовані у віддалених районах, що може ускладнювати доступ до централізованих енергетичних мереж. Це робить важливим використання автономних або частково автономних систем

енергопостачання, які базуються на відновлюваних джерелах енергії, таких як сонячна та вітрова енергія. Типовий будинок також може мати додаткові енергетичні потреби для таких систем, як зберігання та переробка продуктів, робота сільськогосподарського обладнання або обігрів виробничих приміщень.

Архітектура будинку може варіюватися залежно від регіону, клімату та потреб фермерів, проте загальні енергетичні вимоги включають:

- Електропостачання: для освітлення, роботи побутових приладів та обладнання.
- Опалення: забезпечення тепла в холодні періоди року, що може бути значною енергетичною витратою.
- Вентиляція та кондиціонування: підтримка комфортних умов у будинку.
- Водопостачання та зрошення: для побутових потреб і сільськогосподарської діяльності.

Фермерський будинок має потенціал для впровадження енергозберігаючих технологій, таких як утеплення будівлі, використання теплових насосів і систем рекуперації тепла, що зменшить споживання енергії і дозволить зробити його більш екологічно чистим та економічно ефективним.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ФОРМУЛЮВАННЯ ЗАВДАНЬ

ета дослідження

Мета даної дипломної роботи полягає у розробці ефективної системи енергопостачання для будинку із застосуванням енергозберігаючих технологій. Для досягнення цієї мети необхідно провести огляд існуючих рішень у галузі енергозбереження, здійснити проектування системи енергопостачання з використанням відновлюваних джерел енергії та оцінити її економічну, екологічну та соціальну ефективність.

б'єкт дослідження

Об'єктом дослідження є будинок як типовий елемент сільської архітектури, який потребує стабільного та ефективного енергопостачання. Основна увага приділяється енергетичним потребам будинку, включаючи електропостачання, опалення та вентиляцію.

1.3. Предмет дослідження

Предметом дослідження є система енергопостачання будинку, яка базується на використанні енергозберігаючих технологій та відновлюваних джерел енергії. Це включає проектування та оцінку ефективності різних складових системи, таких як джерела енергії, системи накопичення та розподілу енергії, а також технології оптимізації споживання енергії.

1.4. Постановка завдань дослідження

Для досягнення мети дослідження ставляться такі основні завдання:

1. Огляд існуючих рішень у сфері енергозбереження.

Необхідно провести всебічний аналіз сучасних технологій та методів енергозбереження, які застосовуються в будівництві та експлуатації господарств. Особливу увагу слід приділити відновлюваним джерелам енергії, таким як сонячні панелі, вітрові генератори, теплові насоси, а також системам утеплення, вентиляції з рекуперацією тепла та іншим енергоефективним рішенням.

2. Проектування системи енергопостачання для будинку.

Потрібно розробити концепцію системи енергопостачання, яка буде максимально ефективною та надійною для використання у будинку. Включає вибір найбільш оптимальних джерел енергії та їх інтеграцію в загальну систему, а також розробку плану зменшення енергетичних витрат завдяки використанню енергозберігаючих технологій.

3. Аналіз ефективності системи.

Після розробки системи енергопостачання необхідно оцінити її ефективність за кількома критеріями: економічною доцільністю, екологічною ефективністю та енергетичною стабільністю. Це включає розрахунок вартості впровадження системи, аналіз економії енергоресурсів, зниження викидів парникових газів та визначення окупності проекту.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ТА АНАЛІЗ ТЕНДЕНЦІЙ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОГО БУДІВНИЦТВА

2.1. Загальна характеристика будинку

Об'єктом дослідження є будинок, який функціонує як частина сільського господарства та потребує стабільного й ефективного енергопостачання. Будинок використовується як житлове приміщення. Основні потреби будинку включають електропостачання, опалення, вентиляцію та водопостачання.

Енергоефективний будинок – це будинок з низьким споживанням енергії на опалення, але при цьому володіє комфортним мікрокліматом для життя в ньому людей. Витрати на утримання такого будинку зводяться до нуля.

Показником енергоефективності є загальна витрата кВт / год / кв.м в рік. ЄС ще в 2002 році ввів стандарти по енергоспоживанню споруджуваних будинків, згідно з якими житловий будинок повинен витратити на забезпечення комфорту не більше 60 кВт / год / кв.м в рік. А енергоефективним будинок можна вважати при витраті 40-45 кВт / год / кв.м в рік. Це не граничні показники! Уже є «пасивні будинки» з витратою 10-15 кВт / год / кв.м в рік. І навіть «активні», які здатні виробляти більшу кількість енергії, ніж необхідно для експлуатації будинку.

Матеріали, використані для будівництва

Об'єктом дослідження є будинок розташований в с. Старі Петрівці Київської області.

Житловий будинок побудовано з газоблока, оздоблений цеглою з вентиляльованим простором. Тип покрівлі – металочерепиця, утеплення стелі – екопіна (20см), підлога – бетон, утеплена пінополістеролом, цементна стяжка. Двері вхідні металеві з терморозривом, вікна – металопластик 3-камерні.

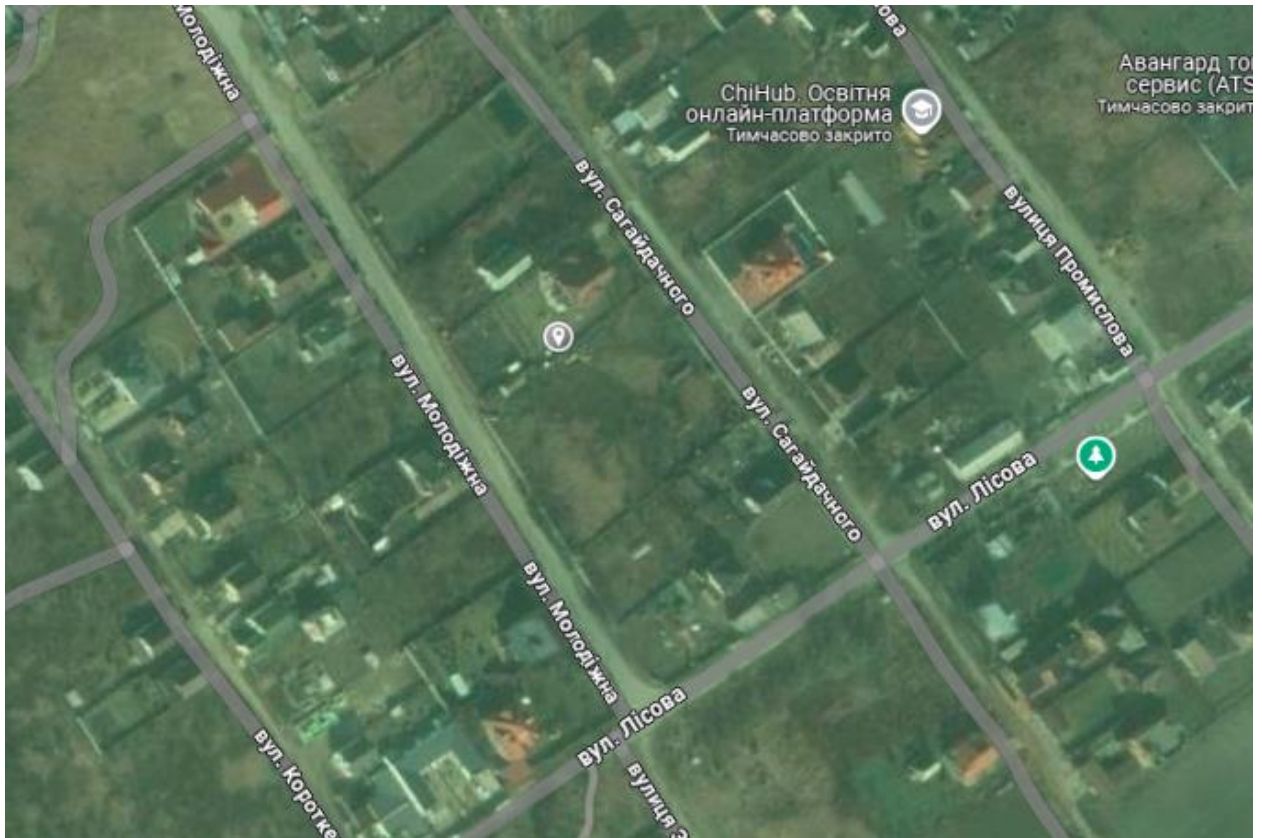


Рис. 2.1. Географічне розташування об'єкту дослідження

2.3. Тенденції розвитку енергозберігаючих будинків в Україні та за кордоном

Розвиток енергозберігаючих будинків є глобальним трендом, що відповідає на виклики енергетичної кризи, зміни клімату та необхідність економії ресурсів. В Україні та за кордоном активно впроваджуються різні підходи та технології для підвищення енергоефективності в будівництві.

1. Пасивні будинки

Один із найпопулярніших напрямків у розвитку енергозберігаючих будинків є концепція пасивного будинку. Ці будівлі споживають мінімальну кількість енергії для опалення і охолодження завдяки максимальній теплоізоляції, герметичності, використанню сонячної енергії та систем рекуперації тепла. У Європі (зокрема, Німеччині та Австрії) стандарти пасивних

будинків є широко впровадженими та активно підтримуються на державному рівні.

В Україні ця концепція тільки починає розвиватися, але вже з'являються окремі проекти будівництва пасивних будинків. Окрім приватного будівництва, пасивні технології впроваджуються у громадських будівлях.

2. Використання відновлюваних джерел енергії

Сучасне будівництво активно інтегрує відновлювані джерела енергії, такі як:

- Сонячні панелі – встановлюються на дахах або фасадах для виробництва електроенергії та підігріву води.
- Вітрові турбіни – використовуються для генерації енергії в будинках, розташованих у зонах із достатньо сильними вітрами.
- Теплові насоси – використовують тепло землі, повітря або води для опалення будівлі.

В Україні зростає інтерес до встановлення сонячних панелей, особливо в приватних будинках і фермерських господарствах. Держава стимулює такі проекти через різні програми підтримки, як, наприклад, «зелений тариф».

3. «Розумні» будинки

В енергозберігаючих будинках усе частіше впроваджуються системи автоматизації, що дозволяють ефективно керувати енергоспоживанням. Ці системи:

- Автоматично регулюють освітлення, опалення та вентиляцію, залежно від часу доби або присутності людей у приміщенні.
- Керують використанням енергії з відновлюваних джерел, оптимізуючи споживання та накопичення енергії.

В Україні такі технології поступово знаходять застосування у нових житлових комплексах і приватних будинках, хоча вони поки що залишаються менш поширеними порівняно із західними країнами.

4. Еко-будинки та використання екологічних матеріалів

Тенденція до використання екологічних, натуральних і відновлюваних матеріалів є важливим напрямком у будівництві енергозберігаючих будинків. Це включає застосування:

- Деревини, яка має хороші теплоізоляційні властивості.
- Соломи та глини в будівництві стін.
- Перероблених матеріалів для утеплення та оздоблення.

В Україні цей напрямок також починає розвиватися, особливо у проєктах екологічного житла для приватного сектора.

5. Модульні та каркасні будинки

За кордоном і в Україні модульні та каркасні будинки стають все більш популярними завдяки швидкості будівництва та можливості досягти високої енергоефективності через використання сучасних ізоляційних матеріалів. Ці будинки легко адаптуються під стандарти пасивного будівництва та можуть включати елементи автономних енергосистем.

6. Стандарти енергоефективності та "нульове енергоспоживання"

У багатьох країнах існують жорсткі вимоги до енергоефективності новобудов. Наприклад, Європейський Союз прийняв директиву, згідно з якою з 2021 року всі нові будівлі повинні відповідати стандарту нульового енергоспоживання (Nearly Zero-Energy Buildings, NZEB). Це означає, що будівлі повинні виробляти стільки ж енергії, скільки споживають.

В Україні також поступово впроваджуються подібні стандарти. Наразі діють державні програми з енергоефективності, що підтримують модернізацію будівель та впровадження енергозберігаючих технологій.

Розвиток енергозберігаючих будинків як в Україні, так і за кордоном йде в напрямку використання пасивних і відновлюваних енергосистем, інтеграції інтелектуальних технологій та впровадження екологічних матеріалів. У майбутньому ці підходи стануть основою для створення більш стійких і енергоефективних будівель, що сприятимуть як економії ресурсів, так і захисту довкілля.

2.4. Основні напрями розвитку енергозберігаючого будівництва в Україні

1. Законодавча база та державні ініціативи

В Україні існують декілька законодавчих актів і програм, що стимулюють розвиток енергозберігаючого будівництва:

- Закон України "Про енергетичну ефективність будівель" (2017) зобов'язує впроваджувати енергоефективні технології в новобудовах та модернізувати існуючі будинки.
- Програма енергоефективності "Теплі кредити" надає компенсацію частини витрат на утеплення будинків, встановлення енергозберігаючих вікон та інших енергоефективних рішень.
- Фонд енергоефективності фінансує модернізацію житлових будинків для підвищення їх енергоефективності. Програма підтримує утеплення фасадів, встановлення нових систем опалення та інші енергоощадні заходи.

Популяризація "зеленого" будівництва

Все більше українських забудовників та архітекторів звертаються до принципів "зеленого будівництва". Це означає, що під час проектування враховуються сучасні екологічні стандарти та використовуються енергоефективні матеріали:

- Використання екологічно чистих матеріалів (деревина, природний камінь, ековата).
- Використання теплоізоляційних матеріалів, що знижують тепловтрати.
- Впровадження енергоефективних рішень, таких як рекуперація тепла, сонячні панелі та теплові насоси.

Енергоефективні технології в новобудовах

Багато сучасних житлових комплексів у великих містах України, зокрема в Києві, Львові, Харкові та Одесі, використовують енергоефективні технології:

- Утеплення фасадів: нові будівлі зазвичай мають утеплені стіни з використанням сучасних матеріалів, таких як мінеральна вата або пінополістирол, що знижують тепловтрати.
- Інсталяція енергоефективних вікон: дво- і трикамерні склопакети знижують енерговитрати на опалення та охолодження приміщень.
- Використання енергоощадних систем опалення: сучасні житлові комплекси часто використовують автономні системи опалення на основі теплових насосів або сонячних колекторів.
- Системи рекуперації тепла: забезпечують вентиляцію з мінімальними втратами тепла, що важливо для збереження енергії у будинку.

Енергозберігаючі приватні будинки

Приватний сектор активно розвивається в Україні з точки зору енергоефективності. Все більше людей вибирають будівництво пасивних будинків, які мінімізують енергоспоживання. Це досягається завдяки:

- Максимальній теплоізоляції стін, підлоги та даху.
- Використанню енергоефективних вікон та дверей.
- Установці сонячних панелей для виробництва електроенергії.
- Впровадженню автономних систем опалення, що використовують теплові насоси або геотермальну енергію.

Відновлювані джерела енергії

Одним із важливих напрямків розвитку енергоефективного будівництва є використання відновлюваних джерел енергії:

- Сонячні панелі стають все більш популярними, особливо в регіонах з великою кількістю сонячних днів. Вони використовуються для виробництва електроенергії та підігріву води.
- Теплові насоси дозволяють ефективно використовувати тепло землі або повітря для опалення будинків, що значно знижує споживання газу або електрики.
- Малі вітрові установки застосовуються у фермерських господарствах або віддалених районах для генерації енергії.

Автономні енергосистеми

Україна також розвиває проекти з впровадження автономних енергосистем, які дозволяють будинкам працювати незалежно від центральних енергомереж. Це включає системи зберігання енергії (акумулятори), які дозволяють використовувати накопичену електроенергію з відновлюваних джерел під час пікових навантажень або у нічний час.

7. Освітні програми та міжнародна співпраця

Українські навчальні заклади все частіше включають курси та програми, присвячені енергоефективному будівництву та зеленим технологіям. Міжнародна співпраця з країнами ЄС та США також допомагає Україні запозичувати передовий досвід у сфері енергозбереження:

- Міжнародні проекти та гранти підтримують розвиток "зелених" стандартів будівництва та модернізацію старих будівель.
- Програми обміну досвідом дозволяють українським фахівцям навчатися у передових країнах у галузі енергоефективності.

Відсотковий рівень очікуваної економії теплової енергії завдяки впровадженню окремих заходів з термомодернізації наведено на рис. 2.2.

	ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЙНИЙ ЗАХІД	ЕКОНОМІЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ
	УТЕПЛЕННЯ ЗАХИСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ (СТІН, ДАХУ, СУМІЩЕНОЇ ПОКРІВЛІ, ПЕРЕКРИТТЯ НАД ПІДВАЛОМ), НЕ ВКЛЮЧАЮЧИ ВІКНА	15 – 25 %
	ЗАМІНА ВІКОН НА ГЕРМЕТИЧНІ, З КРАЩИМ ОПОРОМ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ R	10 – 15 %
	МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕПЛООВОГО ПУНКТУ, ВКЛЮЧАЮЧИ РЕГУЛЮВАННЯ ЗА ПОГОДНИМИ УМОВАМИ І НАСОСНУ ЦИРКУЛЯЦІЮ	10 – 30 %
	КОМПЛЕКСНА МОДЕРНІЗАЦІЯ ВНУТРІШНЬОЇ СИСТЕМИ ЦЕНТРАЛЬНОГО ОПАЛЕННЯ, ВКЛЮЧАЮЧИ ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕРМОРЕГУЛЯТОРІВ НА ВСІХ ОПАЛЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДАХ, АВТОМАТИЧНИХ БАЛАНСУВАЛЬНИХ КЛАПАНІВ НА СТОЯКАХ, ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЮ ТРУБОПРОВІДІВ	10 – 25 %

Рис. 2.2. Економія теплової енергії за рахунок впровадження окремих заходів з термомодернізації

За досвідом багатьох європейських країн впровадження програм з енергозбереження призводить до скорочення споживання енергоресурсів на 30-40%. Згідно оцінок експертів, реалізація проектів із термомодернізації житлових будинків України могла б дозволити економити понад 30 000 000 мВт/год щороку, що еквівалентно приблизно 7 мільярдам гривень.

Отже, енергозберігаюче будівництво в Україні стрімко розвивається завдяки державним програмам, підтримці відновлюваних джерел енергії та популяризації енергоефективних технологій у новобудовах та приватному секторі. Все більше українських будинків проектується з урахуванням екологічних стандартів, що сприяє зниженню витрат на енергію та підвищенню комфорту для жителів.

Аналіз сучасного стану питання енергоефективності індивідуальних житлових будинків України. Згідно закону України від 22.06.2017 року №2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель» [13] поняття енергоефективність передбачає використання меншої кількості енергії для надання того самого рівня послуги. Інтегральний індикатор енергетичної ефективності будівлі визначають шляхом ділення всього обсягу річного енергоспоживання за рік на загальну площу будівлі. Прийняті в Україні нормативи максимальних теплових витрат є близькими до європейських і коливаються на рівні 30-40 кВт. год/м². При цьому фактичне споживання енергії більшістю житлових будинків нашої країни здебільшого перевищує 200 кВт. год/м². Розглянемо середню енергоефективність житлових будинків ряду європейських країн та України, показане на рис. 2.3 та виконаємо їх співставлення.

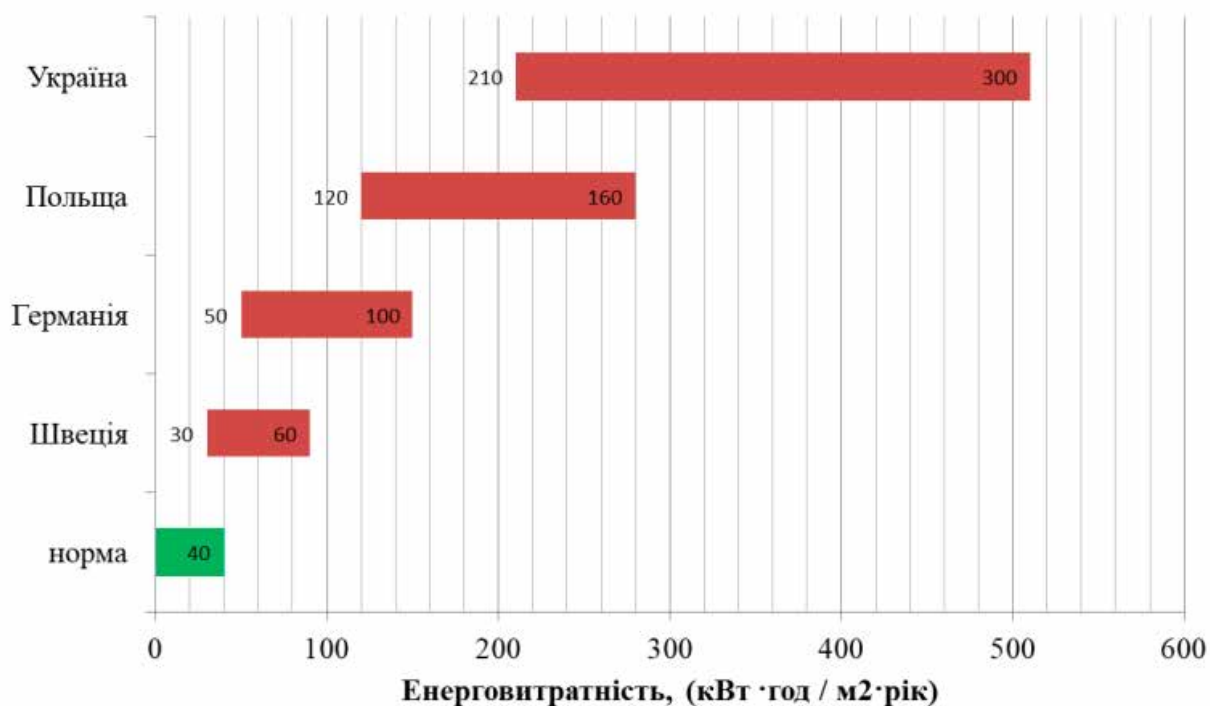


Рис. 2.3. Енерговитратність

Досить добре видно наскільки глобально відрізняється реальна ситуація з енергоспоживанням в житловому секторі в Україні від бажаної, регламентованої сучасними діючими нормативними документами. У той же час це свідчить про величезний потенціал у сфері енергозбереження за рахунок підвищення енергоефективності. Як видно з рис. 2.3, питоме енергоспоживання переважної більшості будівель України перевищує нормативне значення в 5-7 разів, що визначає можливість відповідного зростання енергоефективності будинків при комплексному виконанні енергоефективних заходів. Реальність досягнення встановлених нормативів вже доведена на прикладі Швеції. Основним трендом розвитку сучасної будівельної галузі є створення "пасивних" будинків та будинків з високим рівнем енергетичної ефективності. У ряді європейських країн енергоефективні будинки вже стали стандартом сьогодення.

Питанням підвищення енергоефективності будинків присвячено роботи таких авторів: Єфіменко М.Н. [5], Самарін О.Д., Казаковцева С.А., Свірідонов К.В. [6, 7], Табунщиков Ю.А., Бродач М.М., Шилкін Н.В. [8]; Самолюк Н.М.,

Бондарець Д.В. [14] та ін. Основною метою впровадження різноманітних енергозберігаючих заходів є зменшення затрат коштів на опалення будівель. Разом із дослідженням шляхів підвищення ефективності будівель не менш важливим завданням є виявлення оптимального рішення серед усіх можливих. Для цього необхідно виконувати техніко-економічний аналіз різних варіантів термомодернізації. Доцільність їх впровадження повинна обов'язково обґрунтовуватися величиною прогнозованого зниження витрат теплової енергії та відповідним зниженням витрат коштів.

РОЗДІЛ 3
РОЗРАХУНКИ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕЛЕМЕНТІВ
ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

розрахунок теплових втрат будівлі

Геометричні характеристики енергозберігаючого будинку представлені в таблиці 3.1. Будівля знаходиться в с. Старі Петрівці Київської обл.

Таблиця 3.1

Геометричні характеристики енергозберігаючого будинку

№ поверху	Площа, м ²	Розмір вікон, м	Кількість вікон, шт.	Площа вікон, м ²	Розмір дверей, м	Кількість дверей, шт.	Площа дверей, м ²	Висота поверху, м
1-й	61	2,4x1,86 1,53x1,25 0,49x0,54	3 1 1	4,464 1,913 0,265	1,95x2,05 1x2 3x2,5	1 2 1	3,78 2 7,5	3
2-й	42	1,98x1,6 1,38x0,8 0,48x0,3	4 2 3	6,32 1,104 0,144	-	-	-	2,7

Для розрахунку даної будівлі були прийняті наступні погодні параметри, які занесені до таблиці 3.2.

Витрати теплоти приміщеннями через конструкції, що огороджують, визначаються шляхом підсумування основних та додаткових втрат.

Основні теплові втрати приміщень $Q_{осн}$ встановлюють за формулою:

$$Q_{осн} = F \cdot K \cdot (t_в - t_з) \cdot (1 + (1 + \beta) \cdot n),$$

кВт (3.1)

де F - площа конструкції, яка обгороджує, через яку відбувається втрати теплоти, m^2

K - коефіцієнт теплопередачі конструкції, що огороджує, $Вт/(м \text{ } ^\circ C)$;

$t_{в}$ - розрахункова температура для внутрішнього повітря, $^\circ C$ ($21^\circ C$);

$t_{з}$ - розрахункова температура для зовнішнього повітря, $^\circ C$ (для горища $9^\circ C$);

β - додаткові теплові втрати (для одно- та двоповерхових будівель $\beta = 0,2$, а для вищих поверхів – $\beta = 0,1$);

p - поправочний коефіцієнт, який враховує положення огороження щодо зовнішнього повітря (для приміщень $p = 1$, для даху $p = 0,9$).

Таблиця 3.2

Погодні параметри

Ср. річна C	Абсолютний min	Абсолютний max	Ср. C max за найбільш спекотний місяць	Ср. C max за найбільш холодний місяць	Ср. C max за найбільш холодні 5 днів	Середньодобова температура повітря		Ср. C за найбільш холодний період
						Тривалість опалювального періоду, днів	Ср. C	
+8	- 32,2	+ 39,9	+ 27	- 4	- 10	165	+ 1	- 10

Коефіцієнт теплопередачі через багат шарову стіну будинку знаходиться із співвідношення:

$$K = \frac{1}{1/\alpha_{вн} + \sum_{i=1}^m \delta_i / \lambda_i + 1/\alpha_{зов}}$$

де $\alpha_{вн}, \alpha_{зов}$ - коефіцієнт теплообміну відповідно на внутрішній і зовнішній поверхні стіни, $Вт/м^2 \text{ } ^\circ C$;

δ_i - товщина i -го шару стіни, м;

λ_i - коефіцієнт теплопровідності матеріалу, з якого виготовлений i -й шар стіни.

Коефіцієнт теплообміну на внутрішній поверхні стіни знаходиться за формулою:

$$\alpha_{вн} = C_0 \frac{\lambda_{пов,вн}}{L} (Gr_L Pr_{пов})^n,$$

д

$Pr_{пов}$

λ - коефіцієнт теплопровідності повітря, $Вт/м^0С$;

$Gr_L = \frac{g \beta \Delta T L^3}{\nu^2}$ - число Грасгофа;

β - коефіцієнт температурного розширення повітря;

ΔT - температурний напір на внутрішній поверхні стіни, 0С ;

ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря, $м^2/с$;

L - характерний розмір стіни по вертикалі.

Коефіцієнт C_0 і показник n в залежності від величини числа Ралея $Ra = Gr Pr$ приймають наступні значення:

в

в

д Підставивши отримані дані отримаємо розрахункову теплоту яка витрачається через окремі огорожувальні конструкції:

а Загальна площа стін становить:

и

$$2 * 3 = 206 + 110,4 = 316,4 \text{ м}^2$$

и

а Площа вікон

в

Перший поверх:

и

и

$$10^4 \leq Ra \leq 10^9$$

м²

Мансарда:

$$(2,21 * 1,83) + (0,55 * 0,78) = 4,0443 + 0,429 = 4,4733 \text{ м}^2$$

$$\text{Загальна площа вікон} = 15,5691 + 4,4733 = 20,0424 \text{ м}^2$$

Площа дверей

$$\text{Вхідні двері: } 0,95 * 2,05 = 1,9475 \text{ м}^2$$

Втрати зовнішніх несучих стін:

–

втрати вікон:

с

т

ї

втрати дверей:

в

н

і

и

$$10^{-3} = 4,82 \text{ кВт}$$

втрати підлоги:

н

в

$$10^{-3} = 0,35 \text{ кВт}$$

втрати через стелю (мансарда)

п

р

і

і

$$-3 = 0,04 \text{ кВт}$$

Сума всіх втрат теплоти становить:

с

$$Q_{\text{сум}} = Q_{\text{стіни}} + Q_{\text{вікна}} + Q_{\text{двері}} + Q_{\text{підлога}} + Q_{\text{стеля}} = 4,82 + 0,35 + 0,04 + 0,35 + 0,98 = 6,54 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Q_{\text{осн}} = Q_{\text{осн1}} + Q_{\text{осн2}} + Q_{\text{осн3}} = 3,13 + 0,14 + 0,15 = 3,42 \text{ кВт}$$

$$10^{-3} = 0,35 \text{ кВт}$$

Площу зовнішніх та внутрішніх огорожень при розрахунку теплових втрат приміщень обчислюють (із точністю до 0,1 м²), дотримуючись правил обмірювання огорожень за планами та перерізами будинку. Ці правила враховують складність теплової передачі на границях огорожень, передбачаючи

умовне збільшення або зменшення площ для відповідності фактичним тепловим втратам.

Для визначення площі зовнішніх стін вимірюють (із точністю до 0,1 м):

- за планами – довжину стін для кутових приміщень за зовнішньою поверхнею від зовнішніх кутів до осей внутрішніх стін, не кутових приміщень – між осями внутрішніх стін;
- за розрізами – висоту стін на першому поверсі від нижнього рівня підготовки під конструкцію підлоги на лагах до рівня чистої підлоги для другого поверху; на середніх поверхах – від поверхні підлоги для одного поверху до поверхні підлоги для вище лежачого; на верхньому поверсі – від поверхні підлоги до верху конструкції для горищного перекриття.

Для обчислення площі внутрішніх стін вимірюють:

- за планами – довжину стін від внутрішньої поверхні для зовнішніх стін до осей для внутрішніх стін між осями;
- за розрізами – висоту стін від поверхні підлоги до поверхні стелі.

До додаткових теплових втрат відносять: орієнтацію приміщень по відношенню до сторін світу, наявність двох та більше зовнішніх стін, інфільтрація у приміщення зовнішнього повітря через нещільності будівельних конструкцій (щілини у притворах вікон, дверей), на зовнішні двері, не обладнані повітряними або повітряно-тепловими завісами.

Добавка на орієнтацію огорожень по сторонах світу приймається для всіх зовнішніх вертикальних та похилих (у проекції на вертикаль) огорожень, повернутих на північ, схід, північний схід та північний захід у розмірі 0,10, на захід та південний схід – 0,05, на південь та південний захід – 0.

озрахунок теплових надходжень та загальної теплової потужності

При розрахунку теплового навантаження будівлі необхідно також враховувати теплові надходження від людей (3 осіб), в холодний період року

обумовлені їх тепловиділеннями, а також тепловиділення від електричних пристроїв, які знаходяться в приміщенні.

Теплові надходження від людей, у холодний період року, які обумовлені вільними тепловими виділеннями визначаєм за формулою:

$$Q_{\text{л}} = ((q_{i1} * n_1) + (q_{i2} * n_2)) \cdot 10^{-3},$$

де q_i – виділення теплоти від людини, $q_i = 90$ Вт;

– кількість людей, $n_1 = 3$ чол.
 $Q_2 = (90 \times 3) \times 10^{-3} = 270 \times 10^{-3} = 0,27$ кВт

В даному будинку є 8 різних кімнат, в яких знаходяться 20 світлодіодних ламп, потужністю 12 Вт та 8 потужністю 20 Вт.

Розраховуємо загальну потужність ламп, $P_{\text{сум}}$, Вт:

$$P_{\text{сум}} = 20 \cdot 12 + 8 \cdot 20 = 400 \text{ Вт.}$$

Для даного розрахунку потужності освітлення потрібно врахувати коефіцієнт попиту, для цього типу будівлі він становить 0,8. Ми рахуємо розрахункову потужність лампи з урахуванням коефіцієнта попиту, $P_{\text{осв}}$, Вт:

$$P_{\text{осв}} = 400 \cdot 0.8 = 320 \text{ Вт.}$$

LED лампи є енергоефективнішими, ніж лампи розжарювання, які перетворюють в тепло близько 85% енергії. А LED лампи не більше 20%.

Розраховуємо потужність тепловіддачі ламп, $Q_{\text{виділл}}$, Вт:

$$Q_{\text{виділл}} = 320 \cdot 0.2 = 64 \text{ Вт}$$

Побутова техніка виділяє близько 30 % тепла максимальної споживаної потужності. Для вирахування цієї потужності скористаємося таблицею 3.3.

Загальне добове споживання: 63888 Вт·год

Середня добова потужність тепловиділення: $63888 \div 24 = 2662$ Вт

Відповідно добова середня потужність споживачів електроенергії приблизно становить 2662 Вт. Розраховуємо потужності тепловиділення електроприладів, $Q_{\text{виділл}}$, Вт:

$$Q_{\text{виділл}} = 2662 \cdot 0.3 = 798,6 \text{ Вт}$$

Розраховуємо сумарну потужності тепловиділення, $Q_{\text{виділл}}$, Вт:

$$Q_{\text{виділл}} = 270 + 64 + 798,6 = 1132,6 \text{ Вт}$$

Розраховані дані підставляємо у формулу, та визначаємо теплову потужність систем опалення:

$$Q_o = 6,54 + 0,98 - 1,13 = 6,39 \text{ кВт}$$

Сумарну теплову потужність ΣQ_o , розраховуємо за виразом:

$$\Sigma Q_o = K_z \cdot Q_o = 1,1 \cdot 6,39 = 7,029 \text{ кВт}$$

д

е Сумарна теплова потужність для систем опалювання складає

$$\Sigma Q_{oc} = 7,029 \text{ кВт}$$

к

з

—

к

о

е

ф

і

ц

і

є

Потужність електричних пристроїв

№	Назва споживача	Потужність, Вт	Кількість, шт	Загальна потужність, Вт
1	Мікрохвильова піч	2000	1	2000
2	Чайник	1550	1	1550
3	Холодильник	600	1	600
4	Телевізор	200	2	800
5	Комп'ютер	600	1	600
6	Пилосос	1000	1	1000
7	Кухонна витяжка	300	1	300
8	Пральна машина	1500	1	1500
9	Праска	1400	1	1400
10	Кавова машина	1000	1	1000
11	Посудомийна машина	1500	1	1500
12	Електрична духовка	2500	1	2500
13	Вентиляційна установка	2500	1	2500
16	Ноутбук	300	2	600
19	Роутер Wi-Fi	10	2	20
21	Зарядки для мобільних телефонів	4	6	24
22	Тепловий насос	2400	1	2400
23	Всього:			20294

Для розрахунку необхідної потужності системи опалення використаємо формулу об'ємних укрупнених показників:

де q_0 - питомі витрати теплоти на опалення, Вт/м³ К, приймаємо як 0,59
 t_v - нормативна температура для кожного виду приміщень, °С;
 V - об'єм приміщення в м³;
 t_o - розрахункова зовнішня температура для опалення.

Житловий будинок:

$$Q_o = q_0 \cdot V \cdot t_v - t_o \cdot 10^{-3} = 0,59 \cdot 1000 \cdot (18 - (-10)) \cdot 10^{-3} = 16,52 \text{ кВт}$$

Розрахунок теплової потужності системи гарячого водопостачання

Теплова потужність системи гарячого тепловодопостачання визначається по формулі:

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot a \cdot (t_h - t_{x.g}) \cdot c_p}{24 \cdot 3600}$$

де 1.2 - коефіцієнт нерівномірності споживання гарячої води;

m - кількість людей в будинку чи тварин у фермі;

a - норми витрат води на 1 людину чи на 1 голову для тваринницьких приміщень, кг/добу. (додатки 3 та 4)

t_c - температура гарячої води;

$t_{x.g} = 10^{\circ}\text{C}$ - температура холодної води;
 c_w - теплоємність води, $c_w = 4187$ Дж/(кг К).

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot a \cdot (t_h - t_{x.g}) \cdot c_p}{24 \cdot 3600}$$

$$= \frac{1,2 \cdot 3 \cdot 50 \cdot (45 - 10) \cdot 4187}{24 \cdot 3600}$$

озрахунок потужності теплового насосу
кВт

Загальна площа будинку $F = 103 \text{ м}^2$;

Кількість людей проживаючих в будинку $N = 3$;

Продуктивність вентилятора $L = 400 \text{ м}^2/\text{год}$;

Розрахунок теплового навантаження;

Споживання гарячої води на одну людину за добу 50 л;

За 8 годин треба затратити $q = 0,25 \text{ кВт}$;

$q_{\text{оп}} = 60 \text{ Вт/ м}^2$ (питома);

$Q_{\text{оп}} = F \times q_{\text{оп}} = 103 \text{ м}^2 \times 60 \text{ Вт/ м}^2 = 6180 \text{ Вт} = 6,1 \text{ кВт}$;

$Q_{\text{гвп}} = N \times q = 3 \times 0,25 = 0,75 \text{ кВт}$;

Витрати теплоти на вентиляцію:

Q

в

де, $\rho = 1,2$, $c_p = 1000$, $t_{\text{пр}} = 21^\circ$, $t_{\text{зов}} = -10^\circ$

н

Q

Загальна потужність для споживаної теплоти складає:

ρ

е

Q

н

Таким чином потужність (напіво)во4029асєд1 кВт необхідна для опалення і

гарячого водопостачання будинку площею 103 м^2 в якому проживає 3 особи становить близько 11 кВт.

Обираємо тепловий насос Aquaviva AVH13S (13 кВт) вартістю 151,823.00 грн.

п

з

о

в



Рис. 3.1. Інверторний тепловий насос AquaViva AVH13S

Інверторний тепловий насос AquaViva AVH13S – це ідеальний варіант для опалення, кондиціонування та обслуговування системи гарячого водопостачання будинку. Спліт-система нагріває воду до 55 °С навіть при зовнішній температурі повітря -25 °С.

- Максимальна теплова потужність: 13 кВт
- Енергоефективність в режимі охолодження, EER: 2.83
- Енергоефективність в режимі нагрівання, COP: 4.1

Працюючи за принципом повітря-вода, тепловому насосу Aquaviva AVH достатньо лише 25% електроенергії з мережі для виробництва 100% тепла. Тепловий насос перетворює енергію з повітря зовні на корисну теплову енергію. Вода швидко нагрівається, після чого насос переходить у режим підтримки заданої температури. Такий принцип роботи насоса в 4 рази ефективніший, ніж робота електричного котла та в 2 рази ефективніший, ніж робота газового котла.

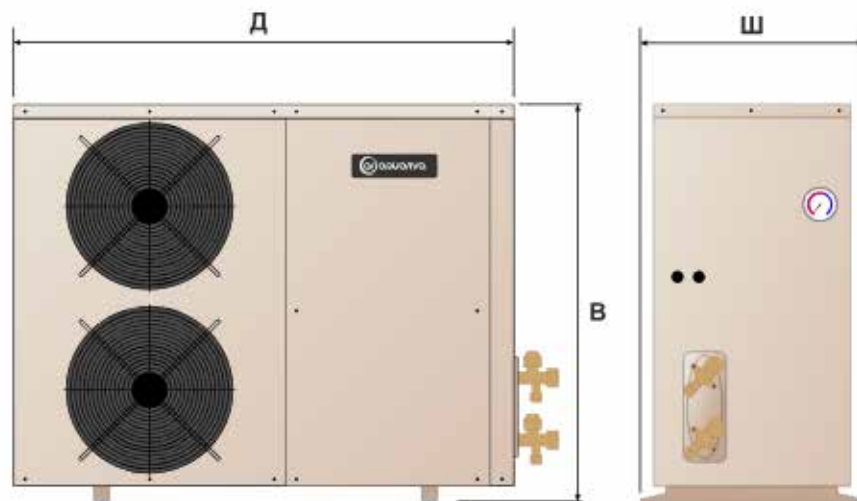


Рис. 3.2. Габарити зовнішнього блоку: зовнішній блок – 1110x470x850 мм;
внутрішній блок – 472x245x660 мм

Приклад установки теплового насоса Aquaviva серії AVH Тепловий насос Aquaviva AVH13S (13 кВт)



Рис. 3.3. Приклад установки теплового насоса.

Характеристики теплового насоса

ІНВЕРТОР	Так Тепловий насос Aquaviva AVH13S (13 кВт)
РЕЖИМ РОБОТИ	Обігрів та охолодження
УПРАВЛІННЯ З ТЕЛЕФОНУ	Wi-Fi
ТИП НАСОСУ	Спліт
КОМПРЕСОР	EVI DC Інвертор
ВИРОБНИК КОМПРЕСОРА	Високо
ПОКАЗНИКИ РОБОТИ В РЕЖИМІ ОБІГРІВУ, ПРИ Т° НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 7°C, Т° НАГРІТОЇ ВОДИ 35°C	<ul style="list-style-type: none"> Теплова потужність (мін ~ макс): 13 кВт (6.4 – 15) Потужність споживання (мін ~ макс): 3.17 кВт (1.62 – 3.9)
ПОКАЗНИКИ РОБОТИ В РЕЖИМІ ОБІГРІВУ, ПРИ Т° НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА 2°C, Т° НАГРІТОЇ ВОДИ 35°C	<ul style="list-style-type: none"> Теплова потужність (мін ~ макс): 12.3 кВт (5.3~13.30) Потужність споживання (мін ~ макс): 3.29 кВт (2.85 – 3.87)
ПОКАЗНИКИ РОБОТИ В РЕЖИМІ ОБІГРІВУ, ПРИ Т° НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА -7°C, Т° НАГРІТОЇ ВОДИ 35°C	<ul style="list-style-type: none"> Теплова потужність (мін ~ макс): 11 кВт (4.35 – 11.43) Потужність споживання (мін ~ макс): 3.65 кВт (1.52 – 3.87)
ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ, КВТ	13
НОМІНАЛЬНА ВХІДНА ПОТУЖНІСТЬ, КВТ	1.52 – 4.79
МІНІМАЛЬНА ПРОДУКТИВНІСТЬ ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО НАСОСА, М³/Ч	1.8 (при висоті стовпа 6 м)
ВИМОГИ ДО ТЕПЛООБМІННИКА ГВП	13 кВт / площа теплообміну ГВП становить 2.4 м²
КІЛЬКІСТЬ ФАЗ	1 (220-240 В)
НОМІНАЛЬНА СИЛА СТРУМУ, А	6.1
З'ЄДНАННЯ	1"
КЛАС ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ	A++
РОБОЧА ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ	Від -25 °C до +43 °C
КЛАС ПИЛОВОЛОГОЗАХИСТУ	IPX4
РОЗМОРОЖУВАННЯ	Автоматичне
МІНІМАЛЬНИЙ ОБ'ЄМ БУФЕРНОЇ ЄМНОСТІ, Л	50
ДІАМЕТР ПІДКЛЮЧЕННЯ МАГІСТРАЛІ ОПАЛЕННЯ ДО ТЕПЛОВОГО НАСОСУ	1"
ДІАМЕТР ФРЕОНОВОЇ МАГІСТРАЛІ	9.52 та 15.88 мм
ФРЕОН	R410A
ДОДАТКОВА ЗАПРАВКА ХОЛОДОАГЕНТОМ ПРИ ДОВЖИНІ ЛІНІЇ ВІД 5 ДО 12 М, Г:	100
ДОДАТКОВО	<ul style="list-style-type: none"> Тип вентилятору: осьовий (аксіальний) Тип теплообмінника: пластинчастий Регулювання холодоагенту: електронний розширювальний клапан (EEV)

ідбір та обґрунтування вибору рекуператора

Методика розрахунку:

Приплив повітря передбачаємо у житлових кімнатах, а витік повітря – у санвузлах і кухнях.

Кратність повітрообміну приймаємо:

для житлових приміщень $K = 1$ 1/год;

для санвузлів і ванних кімнат $K = 3$ 1/год;

для котелень $K = 3$ 1/год;

для кухні $K = 8$ 1/год.

Повітрообмін для кожного приміщення визначається за формулою:

Результати розрахунку заносимо в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5

Повітрообмін приміщень

№ прим.	Приплив			Витяжка		
	V, м ³	K, 1/год	L _{пр} , м ³ /год	V, м ³	K, 1/год	L _{вит} , м ³ /год
Вітальня						
Спальня						
Спальня						
Ванна						
Спальня						
Котельня						
Кухня						
	$\Sigma L_{пр} = 163,2$			$\Sigma L_{вит} = 450$		

За цими даними складаємо баланс, тобто

Σ

L

п

Надлишок: $450 - 163,2 = 286,8 \text{ м}^3/\text{год}$

р

Надлишок $286,8 \text{ м}^3/\text{год}$ подаємо в шлюзове приміщення (коридор).

За вказаними вище значеннями можемо підбираємо припливно-витяжну установку Cooper&Hunter CH-HRV6K2 54 000 грн.



М

Р

/

CH-HRV6K2 Performance Chart

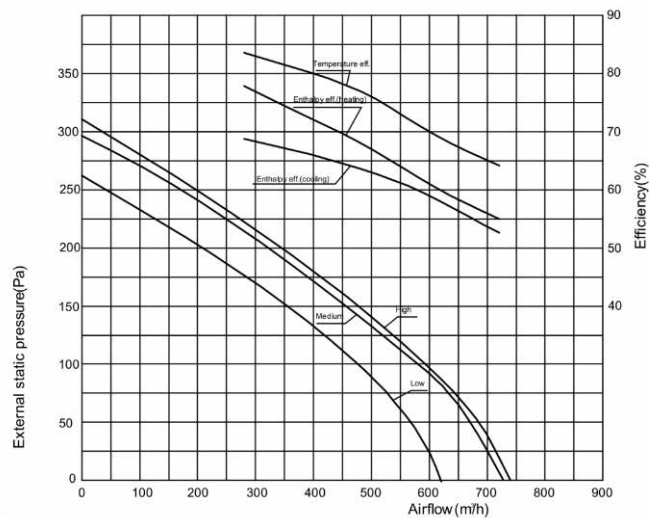


Рис. 3.5. Діаграма продуктивності установки

И

П

Л

Основні технічні характеристики рекуператора:

Бренд – Cooper&Hunter;

Країна реєстрації бренду – США;

Типорозмір установки – 600; Монтаж – стельовий;

Витрата повітря – 600 м³/год;

Шум від вентилятора – стандартний (від 28 до 35 дБ);

Рівень шуму – 35 дБ;

Максимальний тиск – 310 Па;

Керування – панель управління, панель управління (опція), підключення до розумного будинку (опція);

Фільтрація повітря на приплив – G2;

Пристрої, що підключаються – датчик вологості, датчик CO₂, електричний нагрівач, датчик температури припливного повітря, датчик температури витяжного повітря, датчик зовнішньої температури;

Функції – таймер 24 години, тижневий програматор, нічне охолодження;

Особливості моделі – байпас, захист від обмерзання, протипожежний захист, індикація заміни фільтра;

Тип рекуператора – пластинчастий;

Матеріал рекуператора – полімеризованная целюлоза;

Схема потоку повітря – перехресний;

Ефективність рекуперації тепла – 76 %;

Електроживлення – 230 В;

Кількість фаз – однофазний;

Потужність установки без нагрівача – 200 Вт;

Максимальний струм установки – 0.96 А;

Частота току – 50 Гц;

Мінімальна температура переміщуваного повітря – -15 °С;

Максимальна температура переміщуваного повітря – 40 °С;

Матеріал корпусу – оцинкована сталь;

Фізичні характеристики – ширина – 824 мм; висота – 270 мм, глибина – 904 мм, вага – 36 кг;

Розмір повітропроводів, що підключаються – 200 мм.

роєктування теплообмінника для кухні (регулювання температури води в крані та системі опалення)

- Кількість людей: 3;
- Витрата гарячої води на 1 людину: 90 л/добу = 90 кг/добу;
- Загальна витрата гарячої води: $3 \times 90 = 270$ кг/добу;
- Температура холодної води: $+5^{\circ}\text{C}$;
- Температура гарячої води в крані: $+55^{\circ}\text{C}$;
- Температура гарячої води в системі опалення: $+80^{\circ}\text{C}$;
- Різниця температур для крана: $\Delta T_{\text{кран}} = 55^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C} = 50^{\circ}\text{C}$;
- Різниця температур для опалення: $\Delta T_{\text{опал}} = 80^{\circ}\text{C} - 5^{\circ}\text{C} = 75^{\circ}\text{C}$;
- Питома теплоємність води: $4,187$ кДж/(кг $\cdot^{\circ}\text{C}$);
- 1 кВт \cdot год = 3600 кДж.

1. Розрахунок теплової потужності для кухні:

$$Q_{\text{кухня}} = m \times c \times \Delta T_{\text{кран}} \quad (3.10)$$

$$Q_{\text{кухня}} = 270 \text{ кг/добу} \times 4,187 \text{ кДж/(кг}\cdot^{\circ}\text{C)} \times 50^{\circ}\text{C} = 56\,524,5 \text{ кДж/добу}$$

$$Q_{\text{кухня}} = 56\,524,5 \div 3600 = 15,7 \text{ кВт}\cdot\text{год/добу}$$

2. Розрахунок теплової потужності для системи опалення:

$$Q_{\text{опал}} = m \times c \times \Delta T_{\text{опал}} \quad (3.11)$$

$$Q_{\text{опал}} = 270 \text{ кг/добу} \times 4,187 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°C)} \times 75\text{°C} = 84\,786,8 \text{ кДж/добу}$$

$$Q_{\text{опал}} = 84\,786,8 \div 3600 = 23,5 \text{ кВт}\cdot\text{год/добу}$$

3. Загальна теплова потужність теплообмінника:

$$Q_{\text{загал}} = Q_{\text{кухня}} + Q_{\text{опал}} = 15,7 + 23,5 = 39,2 \text{ кВт}\cdot\text{год/добу}$$

4. Середня потужність теплообмінника:

$$P_{\text{сер}} = Q_{\text{загал}} \div 24 \text{ год} = 39,2 \div 24 = 1,63 \text{ кВт}$$

Отже, для забезпечення гарячої води одночасно на кухню та в систему опалення, теплова потужність теплообмінника має становити приблизно 1,63 кВт.

Враховуючи розраховану потужність 1,63 кВт, оптимальним варіантом буде теплообмінник пластинчатий Danfoss XB12L-1-30 2.5 кВт, який має достатній запас потужності та компактні розміри для встановлення в невеликій будівлі. Вартість 11 043 грн.

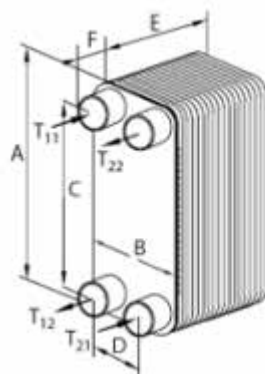
Таблиця 3.6

Технічні характеристики теплообмінника

Параметр	Значення
Бренд	Danfoss
Тиск	25 бар
Серія	XB12L-1
Кількість пластин	30
Об'єм каналу	0,042 л
Площа теплообміну пластини	0,028 м ²
Робоча температура (TS)	-10 °C ... +180 °C
З'єднання	G 1" А
Розміри	82,5x118x289 мм
Вага	3,64 кг
Заводський код	004H7664
Країна виробник	Данія

Паяний теплообмінник серії XB12 застосовується в системах опалення, гарячого водопостачання, холодопостачання для вентиляційних установок та кондиціонерів. Паяні пластинчасті теплообмінники виготовляються із пластин різного типорозміру. У теплообміннику за рахунок різної конфігурації високої турбулентності потоку забезпечується принцип самоочищення. Кількість пластин залежить від необхідної теплопродуктивності, діапазону температур та допустимого перепаду тисків.

Середовище – вода/гліколевий розчин з концентрацією до 50%. Тип пластин – L. Об'єм одного каналу – 0,042 літр. Площа поверхні теплообміну однієї пластини – 0,028 м². Тип приєднання – зовнішня трубна різьба за ISO 228/1. Матеріал пластин – нержавіюча сталь EN 1.4404 (AISI316L). Матеріал припою – мідь. Розмір приєднання G 1 А. Довжина патрубків – 20 мм.



*T₁₁ — вход теплоносителя греющего контура,
T₁₂ — выход теплоносителя греющего контура,
T₂₁ — вход теплоносителя нагреваемого контура,
T₂₂ — выход теплоносителя нагреваемого контура*

Рис. 3.6. Схема креслення теплообмінника

озрахунок параметрів геліоколектора

Розрахуємо комбіновану систему з геліоколектором та тепловим акумулятором.

- Кількість людей: 3;
- Витрата гарячої води на 1 людину: 90 л/добу = 90 кг/добу;

- Загальна витрата гарячої води: $3 \times 90 = 270$ кг/добу;
- Температура холодної води: $+5^\circ\text{C}$;
- Температура гарячої води: $+55^\circ\text{C}$;
- Різниця температур: $\Delta T = 55^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C} = 50^\circ\text{C}$;
- Питома теплоємність води: $4,187$ кДж/(кг \cdot °C) ;
- 1 кВт \cdot год = 3600 кДж.

1. Розрахунок теплової енергії, необхідної для підігріву води:

$$Q_{\text{води}} = m \times c \times \Delta T \quad (3.12)$$

$$Q_{\text{води}} = 270 \text{ кг/добу} \times 4,187 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°C)} \times 50^\circ\text{C} = 56\,524,5 \text{ кДж/добу}$$

$$Q_{\text{води}} = 56\,524,5 \text{ кДж/добу} \div 3600 \text{ кДж/кВт}\cdot\text{год} = 15,7 \text{ кВт}\cdot\text{год/добу}$$

2. Розрахувати необхідну площу геліоколектора, можна за формулою

$$A = \frac{Q}{E \cdot \eta}$$

де: $Q=15,7$ кВт \cdot год – добова потреба в енергії;

$E=4,5$ кВт \cdot год/м² – середнє сонячне випромінювання на 1 м²;

$\eta=0,5$ – ефективність геліоколектора.

$$A = 15,7 \text{ кВт}\cdot\text{год}/(4,5 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^2 \cdot 0,5) = 6,97 \text{ м}^2$$

Отже, необхідна площа геліоколектора становить приблизно 7 м² для забезпечення добової потреби в гарячій воді для трьох людей.

3.8. Розрахунок параметрів теплового акумулятора

Прийемо, що тепловий акумулятор дозволяє акумулювати тепло протягом 1 доби.

Об'єм акумулятора:

$$V_{\text{акум}} = Q_{\text{води}} / (\rho \times c \times \Delta T) \quad (3.14)$$

$$V_{\text{акум}} = 56\,524,5 \text{ кДж/добу} \div (1000 \text{ кг/м}^3 \times 4,187 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°C)} \times 50\text{°C}) = 2,7 \text{ м}^3$$

Розрахунок необхідної енергії для нагрівання води

Загальна кількість гарячої води на добу:

$$m = 3 \times 90 = 270 \text{ кг}$$

Різниця температур:

$$\Delta T = 50 \text{ °C}$$

Питома теплоємність води:

$$c = 4,187 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°C)}$$

Енергія, необхідна для нагрівання води на добу:

$$Q = m \times c \times \Delta T \quad (3.15)$$

$$Q = 270 \text{ кг} \times 4,187 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{°C)} \times 50 \text{ °C}$$

$$Q = 56524,5 \text{ кДж}$$

Оскільки $1 \text{ кВт}\cdot\text{год} = 3600 \text{ кДж}$, знайдемо, скільки це $\text{кВт}\cdot\text{год}$:

$$Q = 56524,5 / 3600 = 15,7 \text{ кВт}\cdot\text{год}$$

Визначення об'єму теплового акумулятора

Для теплового акумулятора бажано мати запас гарячої води на день або більше, тому мінімальний об'єм акумулятора має бути близьким до добового споживання води: $V \approx 270 \text{ л}$.

Таким чином, рекомендований об'єм теплового акумулятора становить приблизно 270 літрів, щоб забезпечити добову потребу в гарячій воді для 3 людей з урахуванням зазначених параметрів.

Отже, для забезпечення гарячого водопостачання трьох осіб розрахункова система має включати:

1. Геліоколектор площею приблизно 7 м^2

2. Тепловий акумулятор об'ємом 2,7 м³

Для покриття щоденних потреб у гарячій воді для трьох осіб площею 7 м² можна вибрати геліоколектори таких типів:

- Плоскі геліоколектори: Вони мають високий ККД за сприятливих погодних умов і добре працюють у теплий сезон. Плоский колектор площею 7 м² забезпечить приблизно 50–70% гарячого водопостачання в середньому протягом року (у залежності від кліматичних умов і рівня сонячного випромінювання в вашому регіоні).

- Вакуумні (трубчасті) геліоколектори: Вони краще працюють в холодні сезони, зберігаючи більшу частину тепла завдяки вакуумній ізоляції в трубках. Для кліматів з холодною зимою це може бути більш ефективний варіант. Вони також можуть забезпечити частковий обігрів приміщення в осінньо-зимовий період.

При виборі конкретного геліоколектора необхідно звертати увагу на такі показники:

- ККД (зазвичай 70–85% для вакуумних колекторів);
- витривалість матеріалів до кліматичних умов;
- гарантійний термін експлуатації (більшість якісних колекторів мають гарантію 10–15 років).

Тепловий акумулятор об'ємом 2,7 м³ здатний накопичувати значну кількість енергії, що дає змогу забезпечити автономне гаряче водопостачання навіть у дні зі зниженим рівнем сонячного випромінювання.

Для такого обсягу є два основні типи теплових акумуляторів:

- Баки-акумулятори з гарячою водою: Вони використовують воду як основне теплоносії, що забезпечує високу ефективність зберігання тепла. Баки на 2,7 м³ розраховані на великі обсяги, тож варто забезпечити їх додаткову ізоляцію для мінімізації втрат тепла. Часто обирають баки з декількома контурами нагріву для ефективного використання енергії геліоколекторів.

- Теплоаккумулятори з фазовим переходом: Використання речовин з фазовим переходом (наприклад, парафінів або солей) може підвищити енергоємність за тієї ж ваги матеріалу. Такі акумулятори коштують дорожче, але забезпечують вищу ефективність накопичення енергії.

Може підійти плоский сонячний колектор Viessmann VITOSOL 200-F вартістю 32 886,00 грн.

Основним компонентом плоских сонячних колекторів Vitosol 200-F є високоселективне покриття та ефективний абсорбер із чистої міді, що забезпечує високе поглинання сонячного випромінювання та низький рівень втрат теплової енергії. Високоякісна теплоізоляція із спіненої меламінової смоли забезпечує стабільність температури та мінімальні втрати від випромінювання. Колектор покритий спеціальним склом із низьким вмістом заліза, завдяки чому воно посилює передачу сонячної радіації. Простий монтаж дозволяє з'єднати один колектор до 12 панелей.

Плоскі панелі Vitosol 200-F тип SV2A/SH2A призначені для вертикального або горизонтального монтажу на плоских, скатних та змішаних дахах. Панелі SV2B/SH2B мають спеціальне покриття та призначені для встановлення у прибережних районах.



Рис. 3.7. Плоский сонячний колектор Viessmann VITOSOL 200-F Viessmann

Таблиця 3.7

Характеристики сонячного колектора Viessmann Vitosol 200-F (SH2B)

Параметр	Значення
Площа бруutto	2,51 м ²
Площа поглинача	2,32 м ²
Площа колектора	2,33 м ²
Розмір (ШxВxГ)	2380x1056x90 мм
Відстань між колекторами	21 мм
Оптичний ККД	79,3 %
Коефіцієнт теплових втрат k1	4,04 Вт/(м ² ·К)
Коефіцієнт теплових втрат k2	0,0182 Вт/(м ² ·К ²)
Теплоємність	5,0 кДж/(м ² ·К)

Продовження таблиці 3.7

Параметр	Значення
Маса	40,9 кг
Об'єм рідини (теплоносія)	2,48 л
Параметр	Значення
Допустимий робочий тиск	6 бар
Максимальна температура в стані простою	185 °С
Підключення	22 мм
Паропродуктивність, вигідне монтажне положення	60 Вт/м ²
Паропродуктивність, не вигідне монтажне положення	100 Вт/м ²

Баки теплоаккумулятори призначені для накопичення теплової енергії, зберігання та передачі теплоносія користувачу в потрібній кількості, за допомогою кімнатного термостата. Енергію отримують від різних джерел тепла, а саме твердопаливних котлів, сонячних колекторів, теплових насосів та електрокотлів, які використовуються в нічний час за нічним тарифом, що суттєво економить електро енергію. Теплоаккумулятори забезпечують безпечну роботу опалювальних систем, запобігають закипанню теплоносія при відключенні електропостачання.

Після відключення енергоносія задана температура в приміщенні на пряму залежить від об'єму теплоаккумулятора. Чим більший об'єм теплоаккумулятора тим більше часу в приміщенні підтримується стабільна температура.

Теплоаккумулятор ЕкоЕнергія АБ -270 вартістю 8820 грн.



Рис. 3.8. Теплоаккумулятор ЕкоЕнергія АБ -270

Таблиця 3.8

Основні характеристики теплоаккумулятора ЕкоЕнергія

Параметр	Значення
Виробник	Еко Енергія
Країна виробник	Україна
Об'єм бака	270 л
Максимальний тиск в баку	6 бар
Максимальна температура в баку	95 град.
Матеріал бака-акумулятора	Вуглецева сталь
Вага	62 кг
Гарантійний термін	36 міс
Діаметр (без ізоляції)	520 мм
Висота	1270 мм
Впускний патрубок	1*1Н
Зливний патрубок	3Н
Випускний патрубок	1*1Н
Товщина металу	3 мм
Максимальна короткочасне тиск	6 бар

3.9 Розрахунок параметрів сонячних панелей та акумуляторних систем

Якщо загальне добове споживання: 63 888 Вт·год.

$$E_{\text{добове}} = 63\,888 \text{ Вт}\cdot\text{год.}$$

Припустимо, середньодобова кількість сонячних годин – 4 години.

Потужність панелей розраховується за формулою:

$$P_{\text{панелей}} = E_{\text{добове}} / (\text{Сонячні години на день} \times \text{ККД панелей});$$

Без запасу (мінімальна потужність):

$$P_{\text{мін}} = 63\,888 / 4 = 15\,972 \text{ Вт} \approx 16 \text{ кВт};$$

З запасом 30% (рекомендована потужність):

$$P_{\text{запас}} = 16 \text{ кВт} \times 1,3 = 20,8 \text{ кВт};$$

Отже, для забезпечення потреб у 63 888 Вт·год сонячні панелі повинні мати загальну потужність близько 20 – 21 кВт.

Щоб акумулятори забезпечували споживання на весь день, їх ємність має бути не меншою за добове споживання з урахуванням запасу.

Ємність акумуляторів у Вт·год без запасу:

$$C_{\text{мін}} = E_{\text{добове}} = 63\,888 \text{ Вт·год.}$$

Рекомендована ємність із запасом 30 %:

$$C_{\text{запас}} = 63\,888 \times 1,3 = 83\,054,4 \text{ Вт·год} \approx 83 \text{ кВт·год.}$$

Отже:

- Сонячні панелі: приблизно 20–21 кВт.
- Акумулятор: ємність не менше 83 кВт·год для надійного забезпечення електроживлення протягом доби з можливістю резерву.

РОЗДІЛ 4 ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЄКТУ

озрахунок терміну окупності сонячної устатки

Приблизні розрахунки показали, що ціна такої установки може сягати від 50 000 \$ до 75 000 \$.

Середня ціна за 1 кВт потужності для сонячних панелей становить приблизно 500–800 USD.

$$21 \text{ кВт} \times 650 \text{ USD} = 13650 \text{ USD (середня ціна)}$$

Необхідна ємність акумуляторів – 83 кВт·год. Для цього прикладу візьмемо акумулятори типу LiFePO₄, які мають високий ККД та тривалий термін служби.

Середня вартість за 1 кВт·год ємності акумуляторів LiFePO₄ – 300–500 USD.

$$83 \text{ кВт·год} \times 400 \text{ USD} = 33200 \text{ USD (середня ціна)}$$

Для такої системи потрібно інвертор потужністю 20 – 25 кВт, щоб витримувати одночасне навантаження від усіх підключених пристроїв.

Середня вартість інвертора на 20 – 25 кВт становить приблизно 2000 – 4000 USD.

Оцінна вартість інвертора:

$$3000 \text{ USD (середня ціна)}$$

Додаткові витрати (монтаж, кріплення, кабелі)

На додаткові витрати на монтаж і матеріали (кабелі, контролери, системи кріплення) зазвичай слід виділити 10–15% від загальної вартості обладнання.

$$(13650+33200+3000) \times 0,1 = 4885 \text{ USD}$$

$$\text{Загальна вартість} = 13650+33200+3000+4885 = 54735 \text{ USD}$$

Отже, орієнтовна вартість повної установки становить приблизно 54 735 USD.

Орієнтовний термін окупності лише сонячної установки становить близько 18 років. Цей термін може скоротитися, якщо:

- Ціна на електроенергію зростає.
- Встановлені панелі матимуть вищу ефективність у певні сезони.

Зазвичай термін експлуатації якісних сонячних панелей перевищує 25 років, що дозволяє установці забезпечувати значну економію навіть після окупності.

озрахунок терміну окупності додаткового устаткування

Також слід врахувати витрати на обладнання, яке буде встановлено в будинку, а саме:

1. Тепловий насос Aquaviva AVH13S (13 кВт) – 151 823 грн.
2. Припливно-витяжна установка Cooper&Hunter CH-HRV6K2 – 54 000 грн.
3. Теплообмінник пластинчатий Danfoss XB12L-1-30 (2.5 кВт) – 11 043 грн.
4. Плоский сонячний колектор Viessmann VITOSOL 200-F – 32 886 грн.
5. Теплоакумулятор ЕкоЕнергія АБ-270 – 8 820 грн.

Загальні витрати на обладнання складають:

$$151823+54000+11043+32886+8820 = 258572 \text{ грн}$$

Розрахунок річної економії

Розглянемо економію, яку забезпечить кожен компонент системи:

Тепловий насос Aquaviva AVH13S:

Середнє споживання теплового насоса потужністю 13 кВт при COP = 4 становить 3.25 кВт.

За рік (працює в середньому 4 години на добу):

$$3.25\text{кВт}\times 4\text{год/день}\times 365=4745 \text{ кВт}\cdot\text{год/рік}$$

Це забезпечує річну економію:

$$4745\times 0.10 \text{ USD}=474.5 \text{ USD} \approx 17306.5 \text{ грн}$$

Припливно-витяжна установка та теплообмінник:

Це обладнання знижує витрати на вентиляцію та опалення ще приблизно на 10 000 грн на рік.

Сонячний колектор і теплоаккумулятор:

Використання цих пристроїв для гарячого водопостачання дозволяє додатково заощадити близько 5 000 грн на рік.

Загальна річна економія = $17306.5 + 10000 + 5000 = 32306.5$ грн

Розрахунок терміну окупності

Термін окупності = $258572 / 32306.5 \approx 8$ років

Окупність додаткового обладнання становить приблизно 8 років. Це обумовлено порівняно невисокою вартістю обладнання та достатньою річною економією. Для більшості господарств це окупність, яка виглядає привабливою, адже термін експлуатації подібного обладнання становить 15–20 років, що дозволяє користувачам економити кошти на електроенергії значну частину часу після окупності.

Також, встановлення такої системи знижує залежність від викопних джерел енергії та зменшує вуглецевий слід будинку. Це важливо як з точки зору енергетичної незалежності, так і екологічної відповідальності.

Додаткова економія на обігріві, покращення комфорту, постійний доступ до гарячої води і чистого повітря завдяки вентиляційній установці. Така система особливо вигідна для регіонів з помірним та холодним кліматом, де витрати на опалення значно впливають на бюджет господарства.

Отже, встановлення додаткового обладнання без повної сонячної системи є економічно вигідним варіантом з помірним терміном окупності, що дозволяє користуватися сучасними енергоефективними рішеннями та знижувати постійні витрати на електроенергію і обігрів.

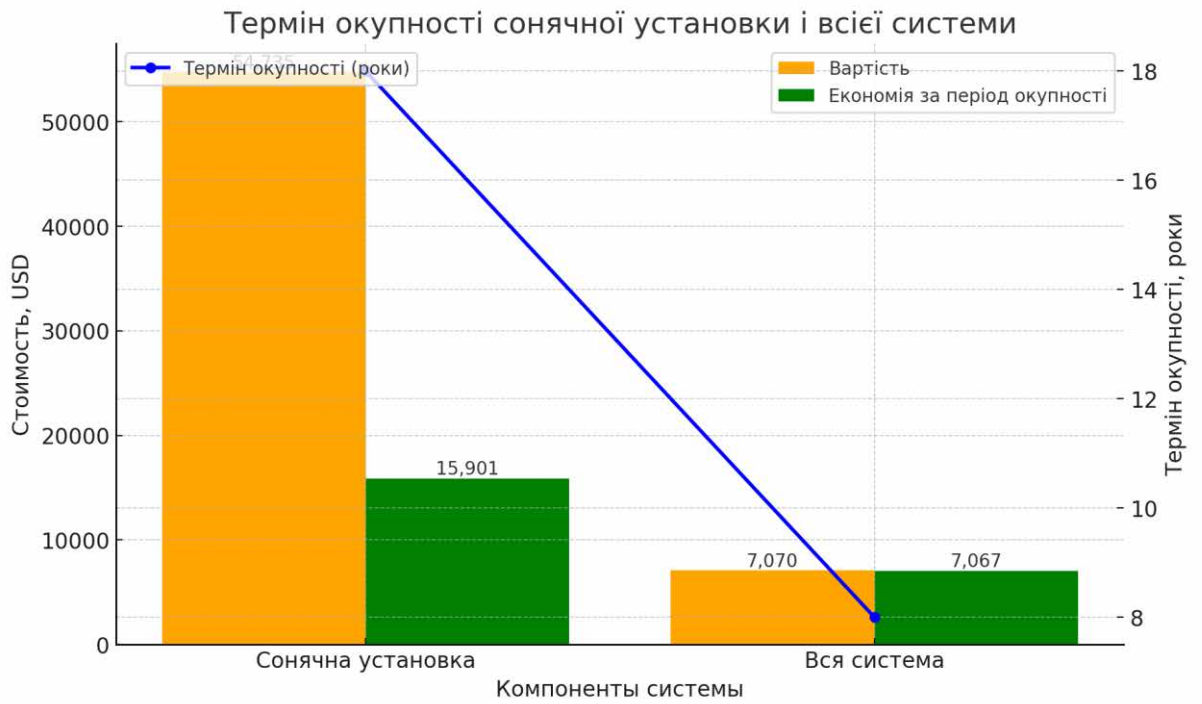


Рис. 4.1. Термін окупності сонячної установки і всієї системи

Рис. 4.1 показує термін окупності для сонячної установки та всієї системи.

Графік відображає:

- Початкові витрати на кожен компонент (помаранчевий стовпчик).
- Орієнтовну сумарну економію за період окупності (зелений стовпчик).
- Термін окупності в роках (синя лінія), що показує, за скільки років кожна система окупиться.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

безпека експлуатації обладнання в енергозберігаючому будинку

Забезпечення безпеки має першочергове значення при роботі з обладнанням та системами в енергозберігаючому будинку. Дотримання правил безпеки є критично важливим для захисту здоров'я та життя мешканців, а також для запобігання пошкодження майна та аварійних ситуацій.

Ключові аспекти безпеки праці включають:

1. Електробезпека: Всі електричні прилади та обладнання мають бути належним чином заземлені та ізольовані, щоб запобігти ураженню електричним струмом. Перед будь-якими ремонтними або профілактичними роботами необхідно завжди вимикати живлення та перевіряти відсутність напруги.

2. Робота з акумуляторами та інверторами: При установці, обслуговуванні або заміні акумуляторів, інверторів чи інших компонентів системи електроживлення слід дотримуватись особливих заходів безпеки. Використовуйте спеціальний інструмент та засоби індивідуального захисту, такі як ізольовані рукавички та захисні окуляри.

3. Робота з системами опалення/охолодження: При монтажі, ремонті або обслуговуванні теплових насосів, систем кондиціонування та інших опалювальних/охолоджувальних пристроїв необхідно дотримуватися вимог виробника щодо безпечного виконання робіт.

4. Захист від небезпечних природних явищ: Важливо забезпечити надійний захист будинку від прямих ударів блискавки та інших небезпечних природних явищ, щоб запобігти пошкодженню обладнання та травмуванню людей.

5. Навчання та інструктаж: Всі особи, які працюють з обладнанням в енергозберігаючому будинку, мають пройти відповідне навчання та бути ознайомлені з інструкціями виробників щодо безпечної експлуатації.

Дотримання цих основних принципів безпеки праці дозволить забезпечити надійну та безпечну роботу всіх систем в енергозберігаючому будинку.

5.2. Захист будинку від блискавки

Забезпечення безпеки будинку – одне з ключових завдань при проектуванні та будівництві. Серед найважливіших аспектів безпеки – захист від небезпечних природних явищ, зокрема розрядів блискавки. Захист будинку від блискавки є важливим елементом безпеки в енергозберігаючому будинку. Система блискавкозахисту призначена для того, щоб захистити конструкцію будівлі та її мешканців від прямого ураження блискавкою та знизити ризик пожежі чи пошкодження електрообладнання.

Зовнішня система блискавкозахисту складається з громовідводів, струмовідводів та заземлення. Громовідводи, встановлені на даху, приймають електричний розряд, який потім передається струмовідводами до заземлення. Заземлюючі елементи повинні бути надійно захищені від корозії та відповідати нормам безпеки, щоб забезпечити ефективне розсіювання електричного заряду в землю.

Слід також врахувати внутрішню систему блискавкозахисту, яка передбачає захист електромережі від перенапруги. Використання захисних пристроїв (розрядників, варисторів) допомагає уникнути пошкодження чутливого обладнання в результаті індукованої перенапруги під час грози. Ці заходи значно знижують ризик пошкодження обладнання та забезпечують безпеку в будинку.

Блискавка становить серйозну загрозу для будівель, обладнання та здоров'я людей. Ураження блискавкою може спричинити значні матеріальні збитки, а в деяких випадках – і людські жертви. Тому захист від блискавки є обов'язковою вимогою при проектуванні та будівництві будь-якого сучасного будинку.

Для ефективного захисту будинку від блискавки необхідно передбачити комплексну систему блискавкозахисту, яка відповідає чинним нормативним документам. Основними елементами такої системи є:

1. Блискавкоприймач – пристрій, призначений для перехоплення та відведення блискавкового розряду. Він встановлюється на даху будинку та має достатню висоту для забезпечення захисту.

2. Стумовідвід – система металевих елементів, що відводить електричний струм блискавки в землю. Стумовідвід з'єднує блискавкоприймач із заземленням.

3. Заземлювач – система металевих електродів, занурених у ґрунт, яка забезпечує надійне з'єднання з землею.

4. Зрівнювання потенціалів – з'єднання металевих частин будівлі та інженерних комунікацій для вирівнювання потенціалів при ударі блискавки та запобігання виникненню небезпечних різниць потенціалів.

Проектування системи блискавкозахисту будинку має ґрунтуватися на вимогах ДСТУ Б В.2.5-38:2008 "Інженерне обладнання будинків і споруд. Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд". Це дозволить забезпечити надійний захист будівлі, обладнання та людей від небезпечних наслідків прямих та індукованих ударів блискавки.

Крім того, важливо передбачити регулярне технічне обслуговування та перевірку системи блискавкозахисту, щоб підтримувати її працездатність протягом усього терміну експлуатації будинку.

5.3. Робота з обладнанням

Робота з обладнанням в енергозберігаючому будинку передбачає дотримання всіх норм і правил безпеки, щоб запобігти нещасним випадкам та аваріям. Користувачі повинні бути обізнані з інструкціями виробників щодо монтажу, експлуатації та технічного обслуговування електрообладнання.

Під час роботи з електричними пристроями слід забезпечити, щоб всі прилади були заземлені та ізольовані, аби запобігти ураженню електричним струмом. Перед початком будь-яких ремонтних чи профілактичних робіт обов'язково потрібно вимкнути живлення та перевірити відсутність напруги на робочій ділянці.

При установці та обслуговуванні електричного обладнання, такого як інвертори, акумулятори або системи теплових насосів, важливо дотримуватися вимог електробезпеки, користуватися спеціальним інструментом та засобами захисту (ізольованими рукавичками, захисними окулярами тощо). Особливу увагу слід приділяти вибору обладнання з сертифікатами відповідності стандартам безпеки.

Дотримання цих правил гарантує безпечну експлуатацію систем енергозабезпечення і знижує ризик аварійних ситуацій у будинку.

ВИСНОВКИ

Розроблена система енергопостачання для енергозберігаючого будинку довела свою ефективність. Проєкт поєднує використання сучасних енергозберігаючих технологій, таких як теплові насоси, рекуператори, сонячні панелі, і спрямований на забезпечення стабільного енергопостачання з мінімальним впливом на довкілля.

Проведено ґрунтовний аналіз теплових втрат і надходжень, що дозволило оптимізувати теплову потужність систем опалення та гарячого водопостачання. Це забезпечує комфортні умови проживання при мінімальному енергоспоживанні. Використання відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних панелей та теплових насосів, продемонструвало високу економічну доцільність. Розрахунки терміну окупності підтвердили раціональність впровадження таких систем у господарствах.

Економічна оцінка показала, що впровадження енергозберігаючих технологій дозволяє суттєво знизити експлуатаційні витрати, зменшити залежність від традиційних джерел енергії та значно знизити екологічний вплив господарства. Отримані результати свідчать про перспективність застосування розробленого проєкту та можливість його масштабування і адаптації для інших господарств із врахуванням локальних кліматичних умов та енергетичних потреб.

Проєкт поєднує використання сучасних енергозберігаючих технологій, серед яких теплові насоси, рекуператори, сонячні панелі, геліоколектори та системи акумуляції енергії. Вони дозволяють ефективно використовувати доступні ресурси та знижувати залежність від традиційних джерел енергії, таких як природний газ чи електроенергія з мережі.

Система спрямована на мінімізацію теплових втрат завдяки використанню енергоефективних матеріалів для будівельних конструкцій, зокрема для стін, вікон, даху та підлоги. Крім того, завдяки інтеграції відновлюваних джерел

енергії, таких як сонячні панелі та теплові насоси, забезпечується зменшення викидів парникових газів, що сприяє поліпшенню екологічного стану регіону.

Одним із ключових елементів системи є рекуператор, який дозволяє зменшувати втрати тепла під час вентиляції приміщень, забезпечуючи при цьому комфортний мікроклімат для мешканців. Завдяки використанню теплових насосів, система може ефективно працювати навіть у холодний період року, забезпечуючи теплом приміщення та гарячою водою.

Таким чином, запропонована система не лише знижує енергетичні витрати, але й демонструє високу екологічну ефективність, що є важливим фактором для сучасного господарства. Впровадження таких рішень дозволяє забезпечити стабільність роботи енергосистеми, зменшити фінансові витрати та підвищити комфорт проживання в умовах сільської місцевості.

Проведений аналіз теплових втрат і теплових надходжень дозволив детально оцінити енергетичний баланс будівлі та розробити оптимальну систему опалення та гарячого водопостачання.

На етапі аналізу були враховані всі ключові параметри будівлі: площа та характеристики огороджуючих конструкцій, тип використовуваних матеріалів, орієнтація будинку щодо сторін світу, теплові втрати через вікна, двері, підлогу та дах, а також додаткові фактори, такі як інфільтрація повітря через нещільності конструкцій.

Для розрахунку теплових втрат були використані сучасні методики, які дозволили з високою точністю оцінити кількість енергії, необхідної для підтримання комфортної температури у приміщенні навіть у зимовий період. Наприклад, були враховані теплові втрати через зовнішні стіни, які вдалося мінімізувати завдяки використанню енергоефективних матеріалів.

Аналіз теплових надходжень включав розрахунок тепла, що виділяється побутовою технікою, освітленням та людською діяльністю. Це дозволило точніше підібрати потужність системи опалення, запобігти перевитраті енергії та досягти збалансованого використання енергетичних ресурсів.

Оптимізація теплової потужності системи опалення та гарячого водопостачання забезпечила створення комфортних умов проживання для мешканців. Важливим результатом цього є зниження енергоспоживання без шкоди для якості життя.

Таким чином, проведений аналіз став основою для розробки системи, яка забезпечує не лише енергоефективність, але й фінансову економію, знижуючи витрати на опалення та гаряче водопостачання у будинку. Це рішення також сприяє зменшенню екологічного впливу завдяки ефективному використанню енергії.

Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі та теплові насоси, довело свою економічну доцільність.

Сонячні панелі забезпечують екологічно чисту енергію для електропостачання, мінімізуючи залежність від традиційних енергоресурсів і знижуючи витрати на електроенергію. У роботі було проведено розрахунки, які враховують потужність встановлених панелей, їх продуктивність у різні сезони року та кількість енергії, що може бути накопичена за допомогою акумуляторних систем.

Теплові насоси, як інноваційне рішення для опалення та охолодження, дозволяють ефективно використовувати тепло з навколишнього середовища (повітря, ґрунту або води). Їх переваги полягають у значно нижчих витратах енергії порівняно з традиційними системами опалення. Розрахунки показали, що теплові насоси можуть забезпечувати стабільну температуру в приміщенні навіть за низьких зовнішніх температур, що є критично важливим для сільських регіонів.

Особливу увагу було приділено аналізу терміну окупності цих систем. Розрахунки враховували початкові інвестиції, експлуатаційні витрати, прогнозовану економію на енергоресурсах, а також субсидії чи програми підтримки для впровадження відновлюваних джерел енергії. Результати підтвердили, що такі системи є раціональним рішенням для господарств, оскільки вони забезпечують значну економію у довгостроковій перспективі.

Окрім економічних переваг, впровадження відновлюваних джерел енергії також сприяє зменшенню викидів парникових газів, що робить ці рішення екологічно відповідальними.

Таким чином, використання сонячних панелей та теплових насосів у господарствах забезпечує поєднання економічної вигоди, екологічної ефективності та енергетичної стабільності.

Економічна оцінка впровадження енергозберігаючих технологій підтвердила їхню високу ефективність як у фінансовому, так і в екологічному аспектах.

Результати аналізу показали, що використання сучасних енергозберігаючих рішень, таких як утеплення будівлі, рекуператори, сонячні панелі та теплові насоси, дозволяє суттєво знизити експлуатаційні витрати. Завдяки зменшенню теплових втрат та підвищенню ефективності систем опалення, витрати на енергоресурси скорочуються на десятки відсотків, що робить ці технології економічно доцільними навіть у короткостроковій перспективі.

Крім того, впровадження таких технологій значно зменшує залежність від традиційних джерел енергії, зокрема електроенергії з централізованих мереж та викопного палива. Це особливо важливо для сільських регіонів, де вартість доставки енергії може бути високою, а стабільність постачання — ненадійною.

Екологічний вплив господарства також зазнає позитивних змін. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні панелі, дозволяє знизити викиди парникових газів, що сприяє боротьбі зі зміною клімату. Водночас енергоефективні технології допомагають зменшити витрати природних ресурсів, таких як викопне паливо, і тим самим підтримують екологічну рівновагу.

Отже, впровадження енергозберігаючих технологій у будинках є економічно обґрунтованим та екологічно відповідальним рішенням, яке забезпечує фінансову вигоду, стабільність енергозабезпечення та зменшення впливу на довкілля.

Проект може бути адаптований для різних типів господарств з урахуванням їхніх індивідуальних потреб та специфіки. Локальні кліматичні умови, рівень сонячної активності, середньорічні температури, а також наявність відновлюваних ресурсів у певному регіоні впливають на вибір джерел енергії та параметри систем. Наприклад, у регіонах з високим рівнем сонячної активності доцільно робити акцент на сонячні панелі та геліоколектори, тоді як у більш холодних регіонах більшу роль можуть відігравати теплові насоси.

Також важливо враховувати енергетичні потреби господарств, які можуть відрізнятися залежно від їхніх розмірів, інфраструктури та кількості мешканців. Розроблені рішення можуть бути адаптовані як для невеликих будинків, так і для великих господарських комплексів шляхом відповідного масштабування компонентів системи енергозбереження.

Крім того, слід забезпечити навчання персоналу, який буде займатися експлуатацією обладнання, та врахувати технічні вимоги для інтеграції нових технологій у вже існуючі системи.

Таким чином, розроблена система має універсальний потенціал, що дозволяє її використовувати в різних умовах та регіонах, сприяючи підвищенню енергоефективності й екологічної відповідальності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про енергетичну ефективність будівель: Закон України від 22.06.2017 р. № 2118-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19#Text> (дата звернення: 04.11.2024).
2. Державна програма "Теплі кредити". URL: <https://www.rv.gov.ua/tepli-krediti-derzhavna-programa> (дата звернення: 04.11.2024).
3. Мельник І. П., Шевченко О. В. Енергетична ефективність в Україні: проблеми і перспективи. Економіка та держава. 2020. № 4. С. 27-30. URL: <https://www.ive.org.ua/wp-content/uploads/tezi2020.pdf> (дата звернення: 04.11.2024).
4. Енергоефективність та енергозбереження: економічний, техніко-технологічний та екологічний аспекти: монографія. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/74057/1/Melnyk_Karintseva_Dehtyarova_green_energy.pdf (дата звернення: 04.11.2024).
5. UNDP в Україні: Енергоефективність в будівництві. URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/projects/usunennya-baryeriv-dlya-spruyannya-investytsiyam-v-enerhoefektyvnist-hromadskykh-budivel-v-malykh-ta-serednikh-mistakh-ukrayiny> (дата звернення: 04.11.2024).
6. GIZ: Програми енергоефективності в Україні. URL: <https://www.giz.de/en/worldwide/79462.html> (дата звернення: 04.11.2024).
7. Тимофєєв М. В., Фаренюк Г. Г. Розрахунки енергоефективності будівель: навч. посіб. Київ: КНУБА, 2015. 140 с.
8. Фаренюк Г. Г. Енергетична ефективність підвищення теплотехнічних показників основних елементів теплоізоляційної оболонки будинків. Будівництво України. 2008. № 8. С. 12-14.
9. ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2016-04-01]. Київ: Мінбуд України, 2016. 30 с.

10. ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Київ: Укрархбудінформ, 2011. 123 с.
11. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. [Чинний від 2008-07-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. 43 с.
12. Самолюк Н. М., Бондарець Д. В. Дослідження ефективності впровадження енергозберігаючих заходів у житлових будинках. Вісник НУВГП. Серія «Економічні науки». Рівне, 2017. Вип. 1(77). С. 120-127.
13. Шість кроків до енергоефективності будівель в Україні. URL: <https://ecotown.com.ua/news/SHist-krokiv-doenerhoefektyvnosti-budivel-v-Ukraїni/> (дата звернення: 04.11.2024).
14. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. [Чинний від 2015-01-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2015. 140 с.
15. Практичні поради, як збільшити енергоефективність житла. URL: <https://vdalo.info/praktichni-poradi-yak-zbilshitienergoefektivnist-zhitla/> (дата звернення: 04.11.2024).
16. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. [Чинний від 2019-12-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2019. 42 с.
17. Кутний Б. А. Методичні вказівки до курсової роботи "Опалення та вентиляція будинку" з курсу «Теплопостачання та вентиляція». Полтава: ПолтНТУ, 2004. 34 с.
18. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Київ: Мінрегіон України, 2013. 147 с.
19. Кутний Б. А. Методичні вказівки до курсової роботи «Теплогазопостачання і вентиляція будинку». Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. 35 с.
20. IEA. Renewables 2022: Analysis. Paris: International Energy Agency, 2022.

21. Іваненко І. В., Литвиненко О. М. Енергоефективність в будівлях: монографія. Київ: Наукова думка, 2019. 256 с.
22. Коваленко В. С. Відновлювані джерела енергії: теорія і практика: підручник. Харків: Основа, 2021. 320 с.
23. Гончарук О. М. Енергозберігаючі технології в сільському господарстві: навч. посіб. Львів: ЛНУ, 2020. 180 с.
24. Національна стратегія енергоефективності України до 2030 року / Міністерство енергетики України. Київ, 2021. 85 с.
25. Карпюк С. П. Сучасні методи проектування пасивних будівель: монографія. Чернівці: Рута, 2020. 245 с.
26. Ткаченко О. Сонячна енергія в системах енергопостачання : навч. посіб. Київ : Політехніка, 2018. 198 с.
27. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2021-12-01]. Київ : Мінрегіон України, 2021. 87 с.
28. Літвінова Т. О. Зелена енергетика: інновації в Україні : монографія. Одеса : Чорномор'я, 2020. 276 с.
29. Бондаренко І. М. Енергозбереження в приватних будинках : практ. посіб. Київ : Академвидав, 2019. 156 с.
30. Доповідь про стан енергоефективності в Україні 2022 року / Фонд енергоефективності України. Київ, 2022. 95 с.
31. Kroll M., Neugebauer S. Sustainability in Construction Engineering. Berlin : Springer, 2020. 428 p.
32. Tomic L., Fischer M. Advances in Passive House Design. Cambridge : Cambridge University Press, 2019. 356 p.
33. Lovins A. Reinventing Fire: Bold Business Solutions for the New Energy Era. Chelsea : Rocky Mountain Institute, 2018. 352 p.
34. Jacobson M. Z., Delucchi M. A. 100% Clean and Renewable Energy Systems Worldwide. Energy Policy. 2020. Vol. 123. P. 245-268.
35. Chiras D. The Homeowner's Guide to Renewable Energy. Gabriola Island : New Society Publishers, 2019. 320 p.

36. Рубан І. В., Ковальчук О. С. Альтернативні джерела енергії в Україні : навч. посіб. Київ: НТУУ «КПІ», 2021. 245 с.
37. Остапенко Л. П. Енергоефективність та екологічна стійкість у будівництві: монографія. Львів: ТЕМ, 2020. 298 с.
38. UNEP. 2021 Global Status Report for Buildings and Construction. Paris: United Nations Environment Programme, 2021. 86 p.