

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ
КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему: «**«ПАСИВНИЙ» БУДИНОК В УМОВАХ ПОМІРНОГО
КЛІМАТУ»**

Виконав: магістрант 2 курсу, група 8.1922-мопа
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
освітньо-професійної програми
«Містобудування та об'ємно-просторова архітектура»
Клювак Роман Володимирович

Керівник: доцент кафедри міського будівництва і
архітектури, канд. архітектури **О. Ю. Сазонова**

Рецензент: професор кафедри промислового та
цивільного будівництва, докт. техн. наук **В. А. Банах**

Запоріжжя
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Кафедра _____ міського будівництва і архітектури _____
Рівень вищої освіти _____ магістр _____
Спеціальність _____ 192 Будівництво та цивільна інженерія _____
Освітньо-професійна програма _____ «Містобудування та об'ємно-просторова
архітектура» _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« 01 » 02 20 23 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ

Клювак Роману Володимировичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проєкту) «Пасивний» будинок в умовах помірною клімату
2. Строк подання роботи: 05.12.2023
3. Вихідні дані до роботи: актуальність даної теми дослідження в нинішньому сьогоденні, ймовірність перспективного розвитку подальших теоретичних та практичних рішень, можливості впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень, очікувані методи виконання досліджень
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): проаналізувати основні принципи «пасивного» будівництва; виявити особливості «пасивного» будівництва в помірному кліматі та роль в розвитку сталого житла в Україні; навести приклади впровадження технологій будівництва «пасивних» екобудинків в помірному кліматі

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 Від восьми графічних аркушів із результатами аналітичних обґрунтувань
 наукового напрямку досліджень, результатами експериментальних
 досліджень, доказами оптимальності запропонованих методів
 результатами числових розрахунків із застосуванням методів
 інформаційних методів досліджень

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Сазонова О.Ю., кандидат архітектури, доцент кафедри МБА		
2	Сазонова О.Ю., кандидат архітектури, доцент кафедри МБА		
3	Сазонова О.Ю., кандидат архітектури, доцент кафедри МБА		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Затвердження теми кваліфікаційної роботи у наукового керівника.		
2	Затвердження змісту роботи.		
3	Огляд літератури за темою кваліфікаційної роботи.		
4	Розробка чернетки I розділу кваліфікаційної роботи.		
5	Написання I розділу кваліфікаційної роботи.		
6	Розробка чернетки II розділу кваліфікаційної роботи.		
7	Написання II розділу кваліфікаційної роботи.		
8	Розробка чернетки III розділу кваліфікаційної роботи.		
9	Написання III розділу кваліфікаційної роботи.		
10	Виконання креслень демонстраційного матеріалу		
11	Оформлення кваліфікаційної роботи згідно вимог.		
12	Попередній захист кваліфікаційної роботи.		
13	Проходження нормоконтролю.		
14	Подання кваліфікаційної роботи на рецензію.		
15	Подання кваліфікаційної роботи на кафедру.		
16	Захист кваліфікаційної роботи.		

Студент Р. В. Клювак
 (підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) О.Ю. Сазонова
 (підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер В.А. Банах
 (підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Клювак Р.В. «Пасивний» будинок в умовах помірною клімату.

Кваліфікаційна робота для здобуття другого ступеня вищої освіти за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник О.Ю. Сазонова. Інженерний науково-навчальний інститут ім. Ю.М.Потебні Запорізького національного університету, кафедра міського будівництва і архітектури, 2023.

Доведено, що «пасивні» будинки являють собою комплекс досить складних архітектурно-планувальних рішень та прогресивних технологій та відзначаються високою енергоефективністю та низьким споживанням енергії. Основною ідеєю їхнього проектування є максимальне використання природних ресурсів для регулювання температури та освітленості.

«Пасивне» будівництво представляє собою інноваційний підхід до створення енергоефективних та екологічно чистих будівель. Його основні принципи, такі як ефективна ізоляція, герметичність, використання сонячної енергії та інші, визначають новий стандарт сталого будівництва, спрямованого на зменшення енергоспоживання та впливу на довкілля.

Відомості про публікації здобувача.

1. Визначення поняття пасивний будинок та його специфіка – тези доповіді на III Всеукраїнська науково-практична конференція за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». Запоріжжя : ЗНУ, 2023.

Ключові слова: «ПАСИВНИЙ» БУДИНОК, «ПАСИВНЕ» БУДІВНИЦТВО, ТЕПЛОВИЙ КОМФОРТ, ВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, «ПАСИВНІ» ЕКОБУДИНКИ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ

ABSTRACT

Klyuvak R. A passive house in a temperate climate.

Qualifying thesis for obtaining a master's degree of higher education, majoring in urban construction and economy, scientific supervisor is Sazonova O. Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu. M. Potebnia, Department of Urban Construction and Architecture, 2023.

It has been proven that "passive" houses represent a complex of rather complex architectural and planning solutions and advanced technologies and are characterized by high energy efficiency and low energy consumption. The main idea behind their design is the maximum use of natural resources to regulate temperature and lighting.

"Passive" construction is an innovative approach to creating energy-efficient and environmentally friendly buildings. Its main principles, such as effective insulation, airtightness, solar energy use and others, define a new standard of sustainable construction aimed at reducing energy consumption and environmental impact.

List of publications of a student:

1. Визначення поняття пасивний будинок та його специфіка – тези доповіді на III Всеукраїнська науково-практична конференція за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». Запоріжжя : ЗНУ, 2023.

Key words: "PASSIVE" HOUSE, "PASSIVE" BUILDING, THERMAL COMFORT, RENEWABLE ENERGY SOURCES, "PASSIVE" ECO BUILDINGS, ENERGY EFFICIENCY

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ «ПАСИВНОГО» БУДІВНИЦТВА В ЕКОЛОГІЧНОМУ ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОМУ КОНТЕКСТІ.....	9
1.1 Основні принципи «пасивного» будівництва	9
1.2 Світовий досвід будівництва пасивних будинків	15
1.3 Основні принципи проектування «пасивних» будинків	21
РОЗДІЛ 2 ОСОБЛИВОСТІ «ПАСИВНОГО» БУДІВНИЦТВА В ПОМІРНОМУ КЛІМАТІ.....	29
2.1 Аспекти спрямовані на максимізацію ефективності та комфورتу.....	29
2.2 Конструктивні рішення «пасивного» будинку.....	38
2.3 Інноваційні рішення системи управління та акумулювання енергією у «пасивному» будинку.....	46
РОЗДІЛ 3 ПЕРЕВАГИ ТА ВИКЛИКИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПАСИВНИХБУДИНКІВ В ПОМІРНОМУ КЛІМАТІ.....	62
3.1 Роль «пасивного» будівництва в розвитку сталого житла в Україні.....	62
3.2 Впровадження сучасних технологій будівництва «пасивних» екобудинків в помірному кліматі	68
3.3 «Пасивний» будинок у стилі органічної архітектури.....	75
ВИСНОВКИ.....	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83

ВСТУП

Актуальність проблеми. У зв'язку із зростаючим попитом на енергоефективні рішення та сталою увагою до проблеми екології, концепція "пасивного будівництва" стала актуальною та перспективною галуззю. "Пасивні" будинки відзначаються високою енергоефективністю та низьким споживанням енергії. Основною ідеєю їхнього проектування є максимальне використання природних ресурсів для регулювання температури та освітленості.

Сучасне будівництво стикається з ростом вимог до енергоефективності та сталість довкілля. У цьому контексті, концепція "пасивного" будівництва набуває особливої актуальності. Пасивне будівництво спрямоване на максимальне зменшення витрат енергії для опалення та охолодження приміщень, застосовуючи при цьому інноваційні технології та конструкційні рішення.

Актуальність дослідження "пасивного" будівництва очевидна в контексті сучасних викликів, пов'язаних з енергоефективністю та збереженням довкілля. Цей підхід до будівництва сприяє не лише зменшенню впливу будівель на екосистему, але й створює комфортні та економічно вигідні умови для життя та розвитку суспільства. Дослідження у галузі "пасивного" будівництва має потенціал вдосконалення існуючих технологій та розробки нових підходів, що сприятимуть створенню сталіших та більш стійких будівель майбутнього.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Випускна робота виконана відповідно з планами науково-дослідних робіт кафедри міського будівництва і архітектури Запорізького національного університету.

В основу роботи покладено теоретичні дослідження основних принципів «пасивного» будівництва в розвитку сталого житла в Україні. Наведені

впровадження сучасних технологій будівництва «пасивних» екобудинків в помірному кліматі.

Метою роботи є дослідження складних архітектурно-планувальних рішень та прогресивних технологій будівництва «пасивних» будинків в умовах помірного клімату.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачене рішення наступних задач:

- проаналізувати та узагальнити основні принципи «пасивного» будівництва в екологічному та енергозберігаючому контексті;
- виявити особливості «пасивного» будівництва в помірному кліматі та роль в розвитку сталого житла в Україні;
- навести інноваційні рішення системи управління та акумулювання енергією у «пасивному» будинку;
- навести архітектурно-планувальні рішення та прогресивні технології будівництва «пасивних» будинків в умовах помірного клімату.

Об'єкт дослідження – «пасивний» будинок в умовах помірного клімату.

Предмет дослідження є впровадження архітектурно-планувальних рішень та прогресивних технологій будівництва «пасивних» будинків в умовах помірного клімату.

Методи дослідження. В процесі опрацювання роботи застосовано метод аналізу та узагальнення; теоретичних досліджень, заснованими на сучасних досягненнях в області теорії та практики "пасивного" будівництва.

Джерела дослідження. Під час дослідження теми були використані наукові статті в періодичних виданнях, монографії, дисертаційні рукописи, збірки тез доповідей науково-практичних конференцій, інтернет-ресурси наукових електронних бібліотек.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- проаналізовані та узагальнені основні принципи «пасивного» будівництва в екологічному та енергозберігаючому контексті;

– виявлені особливості «пасивного» будівництва в помірному кліматі та роль в розвитку сталого житла в Україні;

– наведені інноваційні рішення системи управління та акумулювання енергією у «пасивному» будинку;

– розроблені архітектурно-планувальні рішення та прогресивні технології будівництва «пасивних» будинків в умовах помірного клімату.

Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці інноваційного підходу до створення енергоефективних та екологічно чистих будівель. Доведено, що «пасивне» будівництво представляє собою інноваційний підхід до створення енергоефективних та екологічно чистих будівель. Його основні принципи, такі як ефективна ізоляція, герметичність, використання сонячної енергії та інші, визначають новий стандарт сталого будівництва, спрямованого на зменшення енергоспоживання та впливу на довкілля.

Особистий внесок автора. Наведені інноваційні рішення системи управління та акумулювання енергією у «пасивному» будинку.

Відомості про апробацію результатів роботи. Апробація роботи – за результатами досліджень опубліковано тези доповіді на III Всеукраїнська науково-практична конференція за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» Запоріжжя : ЗНУ, 2023.

Відомості про публікації здобувача. Визначення поняття пасивний будинок та його специфіка – тези доповіді на III Всеукраїнська науково-практична конференція за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». Запоріжжя : ЗНУ, 2023.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи магістра. Робота складається з вступу, трьох основних розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на 86 сторінках, 2 таблиці, 40 рисунків. Для написання даної роботи використано 39 літературних джерела.

РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ «ПАСИВНОГО» БУДІВНИЦТВА В ЕКОЛОГІЧНОМУ ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧОМУ КОНТЕКСТІ

1.1 Основні принципи «пасивного» будівництва

«Пасивний» будинок – це будівля, яка розроблена та спроектована з використанням передових енергозберігаючих технологій та принципів, з метою максимальної оптимізації використання природних ресурсів для забезпечення комфорту та енергоефективності. Основна ідея полягає в тому, щоб забезпечити максимальний рівень теплоізоляції, використовувати природне освітлення та пасивну сонячну енергію, а також мінімізувати споживання енергії для опалення та кондиціонування повітря.

Основні характеристики пасивних будинків включають в себе високий рівень теплоізоляції стін, вікон та даху, а також використання ефективних систем вентиляції з рекуперацією тепла, які забезпечують постійний обмін свіжим повітрям без втрати значної кількості тепла. Пасивні будинки також можуть використовувати теплові насоси, сонячні панелі та інші відновлювальні джерела енергії для забезпечення своїх потреб.

Однією з ключових особливостей пасивних будинків є їх здатність забезпечувати комфортні умови проживання, максимально ефективно використовуючи при цьому природні фактори, такі як сонячна радіація, тепло землі та інші природні ресурси.

Пасивний будинок, також відомий як енергозберігаючий чи екобудинок, представляє собою структуру, яка відзначається відсутністю необхідності у опаленні чи малим енергоспоживанням, яке у середньому становить приблизно 10% від питомої енергії на одиницю об'єму, споживаної більшістю інших сучасних будівель. Більшість розвинених країн мають свої власні вимоги до стандартів пасивних будинків.

Умови зростання цін на електроенергію і тепло ставлять гостре питання експлуатаційних витрат на житло. Показником енергоефективності будівлі є втрати теплової енергії з кожного квадратного метра (кВтгод/м²) щорічно або протягом опалювального періоду. У середньому цей показник становить 100–120 кВтгод/м². Будинок вважається енергозберігаючим, якщо цей показник менший за 40 кВтгод/м², і для європейських країн цей стандарт ще вищий, близько 10 кВтгод/м².

Зменшення споживання енергії в основному досягається шляхом зменшення тепловтрат будівлі. Архітектурна концепція пасивного будинку базується на принципах компактності, якісного та ефективного утеплення, а також відсутності містків холоду в будівельних матеріалах та вузлах примикань, правильної геометрії будівлі, зонування та орієнтації по сторонах світу. З активних методів важливою складовою пасивного будинку є використання системи припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією.

В ідеалі, пасивний будинок має бути самостійною енергетичною системою, яка взагалі не потребує витрат для забезпечення комфортної температури всередині. Опалення в пасивному будинку повинно здійснюватися за рахунок тепла, що виділяється від проживаючих людей та роботи побутових приладів. Якщо необхідно використовувати додаткове "активне" опалення, бажано використовувати альтернативні джерела енергії.

Гаряче водопостачання також може надаватися завдяки використанню відновлюваних джерел енергії, таких як теплові насоси або сонячні водонагрівачі.

Проблему охолодження або кондиціонування будівлі також слід вирішувати за допомогою відповідних архітектурних рішень, а в разі потреби досягнення додаткового охолодження - використовувати альтернативні джерела енергії, наприклад, геотермальний тепловий насос.

Іноді термін "пасивний будинок" переплутують із терміном "розумний будинок", який включає в себе систему контролю енергоспоживання будівлі. Також слід відрізнити систему "активного будинку", яка, крім того, що

мінімально споживає енергію, ще й сама генерує достатньо енергії для того, щоб не лише забезпечувати свої потреби, але і надлишок може передавати в центральну енергетичну мережу, утримуючи позитивний енергетичний баланс будівлі.

Сучасний світ активно розвиває та реалізує різноманітні стратегії для зменшення викидів вуглекислого газу в навколишнє середовище. У зв'язку з цим будівництво енергоефективних "екобудинків" набуває статусу пріоритетного завдання для багатьох країн. Якщо ще недавно поняття "усвідомленого споживання" асоціювалося з чимось віддаленим та нішевим, то на сьогодні це стає актуальним трендом, який невдовзі може перетворитися на справжній "хайп". Пасивні будинки вирізняються мінімальною втратою енергії (тепла), завдяки застосуванню пасивних методів енергозбереження, таких як використання ізоляційних матеріалів та інноваційних інженерних та архітектурних рішень. Енергозбереження та використання відновлюваної енергії стає не лише актуальним, а й стратегічно важливим аспектом сучасності та майбутнього.

У Європі термін "пасивні" застосовується до будівель, які споживають менше 15 кВт*год/м^2 на рік. На рисунку 1.1 наведений розподіл будівель за рівнем споживання енергії.

Розподіл будівель за рівнем споживання енергії визначається їхньою енергоефективністю та екологічною стійкістю. Сучасна тенденція спрямована на створення та використання будівель, які мінімізують своє енергоспоживання та мають низькі викиди в атмосферу.

Пасивні будинки. Споживання енергії менше 15 кВт*год/м^2 на рік. Характерне застосування пасивних методів енергозбереження: високоякісна теплоізоляція, ефективне використання природного освітлення та вентиляції, використання відновлюваних джерел енергії.

Енергоефективні будинки. Споживання енергії в межах $15\text{-}50 \text{ кВт*год/м}^2$ на рік. Застосування продуманих інженерних систем, ефективних технологій

опалення та кондиціонування, теплоізоляції та вікон з низьким коефіцієнтом теплопередачі.

Стандартні будинки. Споживання енергії в межах 50-100 кВт*год/м² на рік. Застосування базових технологій енергозбереження, але без використання передових підходів.

Енерговитратні будинки. Споживання енергії понад 100 кВт*год/м² на рік. Низька ефективність систем опалення, використання застарілих матеріалів та технологій.

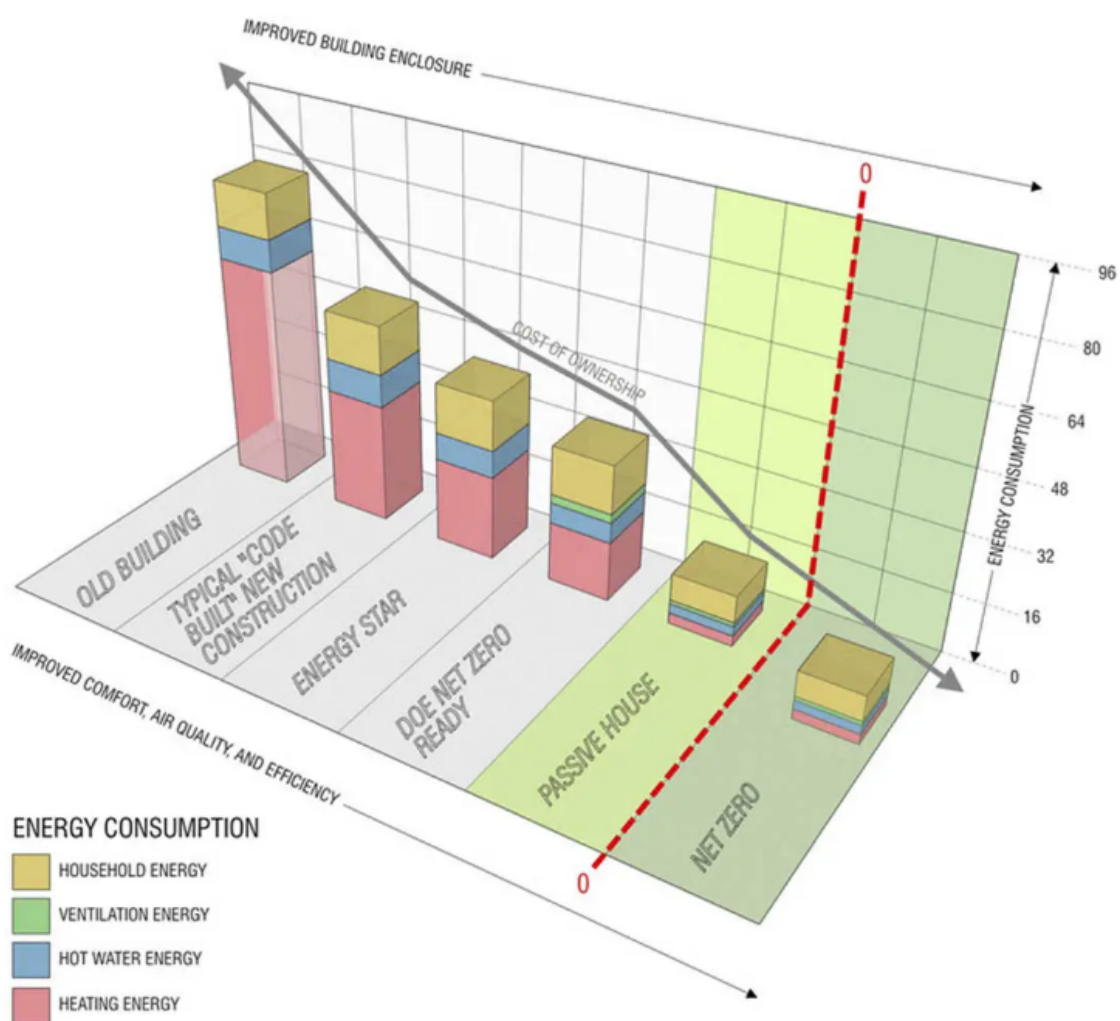


Рисунок 1.1 – Сучасний розподіл будівель за рівнем споживання енергії

Директива про енергетичні характеристики будівель (Energy Performance of Buildings Directive), яку країни Європейського союзу прийняли у грудні 2009 року, зобов'язує, починаючи з 1 січня 2020 року, здійснювати

наближення всіх нових будівель до досягнення енергетичної нейтральності, що означає будівництво, як мінімум, пасивних будівель.

В Європі існує наступна класифікація будівель за їх енергоощадністю:

– «старі будівлі», що споруджені до 1970-х років – зазвичай вимагають близько трьохсот кіловат-годин на квадратний метр щорічно: 300 кВтгод/м²рік.;

– «нові будівлі», що споруджені до 2000 року – 150 кВтгод/м²рік;

– «будівля низького споживання енергії" тобто з 2002 року заборонено будувати нові будівлі, які не відповідають цьому стандарту – 60 кВтгод/м²рік;

– «пасивна будівля"– згідно з законодавством, введеним у 2019 році в Європі, нелегально будувати будівлі з меншими енергетичними характеристиками, ніж у пасивних будівлях) – 15 кВтгод/м²рік;

– «будівля нульової енергії» – споруджена таким чином, що не потребує додаткового енергоспоживання, окрім того, яке вона виробляє самостійно для опалення) – 0 кВтгод/м²рік;

– «будівля плюсової енергії» тобто та, яка виробляє більше енергії, ніж сама витрачає, завдяки сонячним батареям, колекторам, рекуператорам, тепловим насосам та іншим технологіям.

В Україні ведеться активний розвиток культури будівництва енергоефективних будинків. Проте більшість нових будівель відповідають класу "нові будівлі", що призводить до щорічних втрат тепла приблизно у розмірі 150 кВт*год/м². Крім того, крім негативного впливу на навколишнє середовище, експлуатація такого житла не є економічно вигідною для тих, хто оплачує витрати на опалення.

Директива Європейського Союзу 2002/91/ЕС щодо енергетичних показників у будівництві (EPBD) зобов'язує всі країни-члени ЄС будувати нові будівлі з нульовим рівнем енергоспоживання. Цього можливо досягти досить просто, оскільки фахівці розробили велику кількість енергозберігаючих матеріалів, архітектурних та технологічних рішень.

У таблиці 1.1 наведена кількість енергії, яка споживається будівлями для їх опалення та охолодження та приведена класифікація будівель за їх енергоощадністю.

Таблиця 1.1 – Класифікація будівель за їх енергоощадністю

Тип будівлі	Енергоспоживання (кВт*год/м ² за рік)	Законодавчо дозволені у Європі (роки)
Стара будівля	300	≤ 1970
Нова будівля	150	1970 — 2002
Будівля низького споживання енергії	60	2002 — 2019
Пасивний будинок	15	2019 — 2020
Будівля нульового енергоспоживання	0	немає обмежень
Активний будинок	виробляє енергію	немає обмежень

Тому основним принципом пасивного будинку є таке поняття: якщо істотно знизити втрати тепла, то і потреба в новій енергії буде значно менше. Тоді сонячна енергія потрапляє в будинок, енергія людей, енергоприборів стануть значущими джерелами тепла, зігріваючими будинок. Саме цей принцип став основою технології пасивного будинку.

Пасивність будинку може бути досягнута за допомогою функцій:

- збереження тепла через вентиляцію: використання системи вентиляції, яка забезпечує ефективний обмін повітря, зберігаючи тепло всередині будинку і зменшуючи втрати тепла;

- виняткова теплоізоляція каркасного будинку і герметизація конструкцій: використання високоякісних ізоляційних матеріалів та герметичне утеплення конструкцій для максимальної збереження тепла всередині будівлі;

- архітектурне планування з перевагою оптимальної орієнтації будинку: створення архітектурного плану, який сприяє оптимальній орієнтації будинку в просторі так, щоб максимізувати проникнення світла через вікна, особливо під час холодного періоду року.

1.2 Світовий досвід будівництва пасивних будинків

Історія пасивних будинків свідчить про поступовий розвиток та впровадження цих енергоефективних концепцій у будівництві по всьому світу.

Історія будівництва пасивних будинків налічує кілька десятиліть і визначена численними факторами, такими як зростання уваги до енергоефективності, екологічні аспекти та забезпечення сталого житла. Ось загальний огляд історії та світового досвіду будівництва пасивних будинків:

– початок розвитку (1970–1980 рр.): народження концепції: концепція пасивних будинків виникла в Німеччині в середині 1970-х років, як спроба створити будівлі з мінімальними витратами енергії на опалення.

Історія пасивного будівництва розпочалася у травні 1988 року, коли Вольфганг Файст та Бо Адамсон [1] поставили перед собою завдання - визначити фактори, що сприяли б підвищенню енергоефективності будівель та встановити чіткі критерії енергозбереження. Опираючись на свої дослідження та залучивши архітекторів Ботта і Ріддера, вони розпочали будівництво у 1991 році в Дармштадті, Німеччина, першого в світі пасивного будинку. Цей проект став експериментом будівництва майбутнього - високоефективний будинок із найвищим рівнем комфорту та мінімальним споживанням енергії. Нині терасний будинок, призначений для чотирьох родин, продемонстрував свою ефективність, вимагаючи менше 15 кВт-год/м² на рік протягом чверті століття [2].

Перші стандарти: у 1988 році в Німеччині був введений стандарт "Passivhaus" (Пасивний будинок), який визначав критерії для пасивних будівель.

Перший «пасивний» будинок у південному Китаї. У цьому кліматичному регіоні замість опалення потрібне охолодження [3].

У різних кліматичних зонах світу, якщо будинки спроектовані розумно, їм не потрібно опалення, і також немає потреби в активному охолодженні (наприклад, в деяких областях Ірану, на узбережжі Португалії, у деяких регіонах Китаю і т.д.). Там завжди будувалися "пасивні будинки", хоча вони не завжди отримували відповідне визнання.

Розширення в Європі (1990–2000 рр.): у 1990-2000-х роках пасивні будинки отримали популярність в Європі, особливо в Австрії та Швеції.

Бо Адамсон був першим, хто класифікував їх як «пасивні» будинки, а питання можливості передачі цього досвіду з використанням технічних засобів в Європі породило ідею наукових досліджень щодо «пасивних» будинків.

Концепція пасивного будинку виникла в травні 1988 року під час обговорення між професором Бо Адамсоном з Лундського університету (Швеція) та Вольфгангом Файстом, засновником Інституту пасивного будинку у місті Дармштадт (Німеччина), який на той момент працював в Institut für Wohnen und Umwelt (Інституті Житла та Навколишнього середовища).

Під час розробки та будівництва першого пасивного будинку [4] цей підхід був адаптований до унікальних граничних умов для будівель з високоякісною ізоляцією, які вже не потребують звичайних систем опалення. Ця концепція виникла на основі ряду науково-дослідницьких проектів, за підтримки фінансової допомоги від німецької землі Гессен.

Першими об'єктами пасивних будинків стали чотирирядні будинки (відомі також як таунхауси або міські будинки), які були спроектовані для чотирьох приватних клієнтів архітекторами професорами Боттом, Ріддером і Вестермеєром. Перший пасивний будинок був завершений у 1991 році в Німеччині, у місті Дармштадт, рис.1.2. [4]. Пасивний Будинок на висоті 2164 метрів: Інститут Скелястих Гір, рис. 1.3.

У цьому будинку гаряче водопостачання забезпечувалося за допомогою сонячного колектора, а вентиляція використовувала систему рекуперації. Над

будинком проводилось постійне спостереження, і виявилося, що вже протягом першого року експлуатації витрати енергії на опалення в квартирі пасивного будинку були в 12 разів менше, ніж у стандартній квартирі звичайного будинку. Пасивний Будинок на висоті 2164 метрів: Інститут Склеястих Гір, рис. 1.3.



Рисунок 1.2 – Перший «пасивний» будинок, Німеччині, у місті Дармштадт



Рисунок 1.3 – «Пасивний» будинок на висоті 2164 метрів: Інститут Склеястих Гір [5]

У наступних роках енергоспоживання будинку ще зменшувалося, досягнувши 15% витрат. Цей пасивний будинок повністю виправдав усі очікування. Цей проект підтвердив бездоганне функціонування всіх основних компонентів будинку при нормальній експлуатації.

Для стимулювання та далі розвивати Стандарт Пасивного Будинку, у 1996 році професор д-р Вольфганг Файст встановив Інститут Пасивного Будинку в місті Дармштадт, Німеччина.

Для подальших досліджень в галузі пасивних будинків був заснований Інститут пасивного будинку. Крім того, станом на травень 2011 року було вже зведено понад тридцять дві тисячі сертифікованих пасивних будинків, а з 2020 року стандарт пасивного будівництва став обов'язковим в Європейському Союзі.

До цього часу залишається незмінним середнє споживання енергії для опалення, яке становить менше 10 кВт•год/(м²), що призводить до більш як 90% економії, у порівнянні з традиційним будинком. Відмічено високу якість повітря та високий рівень теплового комфорту.

Аморі Ловінс, відомий своїми працями в галузі альтернативної енергії, перейшов від теорії до практики, побудувавши вражаюче добре ізольований сонячний пасивний будинок у Старому Сноумасі, Колорадо, на висоті 2164 метри. У зимовому саду процвітали тропічні рослини, а система опалення використовувалася дуже ефективно. Вивчення цих прикладів пасивних будинків підтвердило принципи фізики на практиці. У 1995 році Аморі Ловінс відвідав Пасивний Будинок у місті Дармштадт Краніхштайн, і саме він висловив пропозицію розглядати пасивні будинки не лише як об'єкти науково-дослідної роботи, але й як енергетичні стандарти майбутнього.

Стандартизація і поширення: у цей період було розроблено і впроваджено стандарти та сертифікаційні системи для пасивних будівель.

Зараз вже понад 32000 сертифікованих пасивних будівель різних типів в Європі, в той час як у Сполучених Штатах Америки налічувалося лише 13 таких будинків, а декілька десятків знаходилося в стадії будівництва.

Пасивні будинки у Світі (2000–2010 рр.): міжнародний інтерес: поняття пасивних будинків привернуло увагу світової громадськості, і деякі країни поза Європою почали впроваджувати ці технології.

Експансія в Північній Америці та Азії: країни, такі як США, Канада та Японія, виявили інтерес і почали будувати пасивні будинки [5 ,6].

Розвиток та інновації (після 2010 р.): технологічні інновації: зростання доступності новітніх технологій та матеріалів дозволило вдосконалити пасивні будівлі.

Збільшення кількості пасивних будинків: збільшилася кількість пасивних будинків у світі, зокрема завдяки підвищеній увазі до сталого житла та вимогам енергоефективності [7].

Перспективи майбутнього: глобальне прийняття: очікується, що пасивні будинки стануть більш поширеними в світі, особливо в контексті стрімкого зростання інтересу до сталого будівництва та зниження викидів CO₂.

Технологічний розвиток: очікується інтеграція новітніх технологій, таких як смарт-системи управління, для ще більш ефективного використання енергії.



Рисунок 1.4 – Сучасий «пасивний» будинок

Відновлювальні джерела енергії представляють важливе доповнення до концепції пасивного будинку. Саме тому Інститут Пасивного Будинку (ІПБ) вирішив впровадити нові категорії для сертифікації будівель.

У 2015 році була представлена нова версія програми РНРР 9 як доповнення до існуючого стандарту «пасивного» будинку – «Пасивний Будинок Класик». Також, ІПБ впровадив категорії сертифікації «Пасивний Будинок Плюс» та «Пасивний Будинок Преміум». Зосередження на сертифікації пасивного будинку тепер здійснюється за критерієм "Відновлювана первинна енергія" (PER).

Стандарт використання енергії на опалення залишається незмінним і не може перевищувати $15 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ на рік [7]. Проте введення нових категорій враховує попит на первинну енергію від відновлюваних джерел енергії (PER). Таким чином, встановлено наступні ліміти:

- «Пасивний Будинок Класик»: обмеження дорівнює $60 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ на рік;
- «Пасивний Будинок Плюс»: споживання відновлюваної первинної енергії не може перевищувати $45 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ на рік;
- «Пасивний Будинок Преміум»: споживання повинно бути обмеженим лише $30 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ на рік.

Точне визначення Пасивного Будинку полягає в концепції надання найвищого теплового комфорту за дуже низького попиту на енергію для опалення (охолодження): «Пасивний» будинок – це будівля, в якій тепловий комфорт (згідно з ISO 7730) [8] досягається виключно за рахунок попереднього підігріву (або охолодження) маси свіжого повітря, яке необхідно для підтримання високої якості повітря в приміщенні без його додаткової рециркуляції" (PHI).

Це конкретне функціональне визначення, яке залишається універсальним для всіх типів клімату, не містить конкретних числових значень і є фундаментальним поняттям, а не стандартом.

Пасивні будинки не були "винайдені" – цей принцип був виявлений. Часто його вже застосовували до того, як про нього стали свідомо думати. Багато

людей і установ внесли свій вклад у розвиток цього принципу, і кожен з них відіграв важливу роль в його "розгадці".

Термін "пасивний будинок" не просто є новою назвою для "суперізолюваного будинку". У холодних кліматах пасивний будинок може схожий на суперізолюваний будинок, але концепція пасивного будинку не обмежує технічні засоби, якими може досягатися функціональна мета. Старі "пасивні сонячні будинки" можуть бути базою для сучасних пасивних будинків. Протягом довгого часу терміни "пасивні сонячні будинки" і "суперізолювані будинки" розглядалися як конкуруючі, але Роберт Хастінгс, піонер "пасивної сонячної архітектури" в Америці, допоміг подолати ці протиріччя [6].

1.3 Основні принципи проектування «пасивних» будинків

Електроенергія є одним з ключових ресурсів для функціонування будь-якої споруди, і питання ефективного використання цього ресурсу вже давно є предметом обговорення. В той час як Україна лише вивчає термін "енергоефективність", країни Європейського Союзу успішно застосовують його на практиці в процесі будівництва об'єктів усіх сегментів нерухомості і отримують від цього реальну економічну вигоду. В Україні розвиток і застосування енергозберіжних технологій у сфері будівництва відбувається якраз в основному завдяки роботі представництв зарубіжних компаній, для яких впровадження таких технологій є нормою на рідних ринках.

Енергоефективна будівля - ця споруда, в якій реалізований увесь комплекс заходів по енергозбереженню, включаючий облік, контроль і зменшення втрат енергії під час споживання визначаються як основні завдання енергоефективної будівлі. Основні параметри енергоефективності вбудовуються на етапі проектування та будівництва. За інформацією

компанії Schneider Electric в Україні, для досягнення високого рівня енергоефективності в цивільному та комерційному будівництві на українському ринку необхідно вживати наступні заходи:

- використовувати базові заходи такі як використання теплоізоляційних матеріалів, енергозберігаючих ламп і інші;
- оптимізувати використання енергії, наприклад, регулювання температури усередині будівлі на заданому рівні, відключати системи після закінчення роботи);
- адаптувати та модернізувати установки згідно до їх умов експлуатації, тобто враховувати міру зносу, сферу застосування, об'єми будівлі та ін.

Для обігріву приміщень у зимовий період і охолодження влітку потрібно значно витратити теплову та електричну енергію. Використання комплексу ефективних рішень на етапах проектування і будівництва дозволяє значно (навіть у 10 разів для будівель типу Пасивний будинок) зменшити загальне споживання енергії протягом тривалого періоду експлуатації житлових і комерційних будівель [8].

Останніми роками застосування усіх енергоефективних технологій на об'єктах нерухомості об'єднується концепцією так званого «пасивного будинку», тобто житла, максимально доброзичливого доквіллю. Енергоспоживання «пасивного будинку» складає не більше 15 Квт - більш ніж в 10 разів економічніше за типову вітчизняну «хрущовку». «Пасивні будинки» опалюються фактично за рахунок тепла.

Архітектурне рішення проектування «пасивних» будинків. Правильне розташування вікон і балконних дверей у відповідності до сторін світу є простим і ефективним рішенням для підвищення енергоефективності і забезпечення комфорту в будівлях [9].

Взимку найбільший вступ сонячної променистої енергії доводиться на стіни і вікна південної орієнтації у північній півкулі, а в літній період будуть найбільше опромінюватися східні і західні стіни та вікна. В зв'язку з цим найбільш ефективною стратегією щодо орієнтації будівель є їх широке

розташування у вигляді витягнутих в плані структур. При цьому звертається увага на максимізацію загальної площі південних вікон і, навпаки, мінімізацію площі східних і західних вікон. У випадку, коли форма будівлі більше нагадує квадрат, раціонально розташовувати значну частину вікон з південного і північного боків, при цьому слід намагатися зменшити кількість і площу вікон на східних і західних сторонах. Також важливо, щоб будівлі розташовувалися на достатній відстані одна від одної з метою уникнення суттєвого впливу одна на одну для того щоб уникнути істотного затінювання однієї будівлі іншим в зимовий період. Вулиці для житлової забудови (особливо індивідуальною) також рекомендується проектувати в широтному напрямі: південні вікна будинків у такому разі виходитимуть на вулицю або в двір і, отже, не затінюватимуться сусідніми будинками, що поруч стоять.

Об'ємно-планувальне рішення проектування «пасивних» будинків. Невеликий нахил козирка над південними вікнами виконує захисну функцію, заслоняючи будинок від літніх сонячних променів. Енергоефективна форма будівлі, що не має внутрішніх кутів, дозволяє досягти наступних переваг:

- мінімізація площі зовнішніх стін;
- оптимальна площа скління;
- встановлення тамбурів на входах.

Конструктивні рішення передбачають неперервну ізоляційну оболонку зовнішніх обгороджувачів будівлі із зовнішнього боку з високоефективних теплоізоляційних матеріалів, відсутність мостів холоду, герметичність.

Теплоізоляція із зовнішнього боку будівлі має ряд переваг перед внутрішньою теплоізоляцією: значно згладжуються коливання температури в приміщенні за рахунок теплової інерції зовнішніх стін, покращуються умови експлуатації матеріалу зовнішніх стін і так далі.

Використання віконних систем з високим рівнем теплозахисту: склопакети із скла з селективним покриттям (і -скло) і з наповненням міжскляного проміжку важкими інертними газами, багатокамерні пластикові профілі. Виготовлення профілів із клеєного дерев'яного бруса, використання

якісних ущільнювачів та теплих дистанційних рамок є одними з аспектів. Щодо інженерних рішень, вони включають забезпечення ефективного повітрообміну з мінімальними втратами тепла в холодний період та прохолоди влітку. Це досягається за допомогою механічної припливно-втяжної системи з рекуперацією тепла. Крім того, використання енергії зовнішніх природних джерел є частиною цього інженерного підходу.

Використання сонячної енергії для опалювання і нагріву води та використання цілорічно стабільної температури підземного ґрунту для обігріву взимку. Кондиціонування влітку, яке досягається за допомогою теплового насоса, який дозволяє отримати або відвести назовні до 5 кВт*ч теплової енергії на кожну кіловат-годину витраченої електроенергії.

Використання внутрішніх тепловиділень будинку, наприклад, нагрів води за допомогою тепла кондиціонера, що виділяється зовнішнім блоком.

Додаткова економія теплової і електричної енергії за рахунок використання автоматизованої системи управління усіма технічними пристроями у будівлі (система «Розумний будинок») [10].

Економія електричної енергії та світлення. Основними кроками для оптимізації використання електроенергії у світловому режимі є:

- максимальне використання природного світла, збільшення прозорості та розширення площі вікон;
 - додаткове встановлення вікон для підвищення освітленості в приміщенні;
 - зменшення обсягу штучного освітлення в періоди, коли доступне достатньо денного світла.
- використання освітлювальних приладів тільки з потреби;
 - підвищення світловидатності існуючих джерел (заміна люстр, плафонів, видалення бруду з плафонів, застосування ефективніших відбивачів);
 - заміна ламп розжарювання на енергозбережні (люмінесцентні, компактні люмінесцентні, світлодіодні);

Вдосконалення управління освітленням включає в себе:

- використання систем управління освітленням, таких як датчики руху, акустичні датчики, датчики освітленості, таймери і системи дистанційного керування;
- впровадження автоматизованої системи диспетчерського управління зовнішнім освітленням (АСДУ);
- встановлення інтелектуальних розподілених систем управління освітленням, що зменшують витрати електроенергії для даного об'єкту. При цьому важливими заходами є оптимальний вибір потужності електродвигуна та використання частотно-регульованого приводу (ЧРП).
- установка інтелектуальних розподілених систем управління освітленням (що мінімізують витрати на електроенергію для цього об'єкту).

Електропривод:

Основними заходами є:

- оптимальний підбір потужності електродвигуна;
- використання частотно-регульованого приводу (ЧРП).

Електроплити:

- використання газових варильних плит замість електричних там де це можливо.
- використання економічнішого варильного устаткування :
- мультиваріння, індукційні електроплити, скороварки і тому подібне
- використання посуду з широким плоским дном, що повністю покриває поверхню конфорки електроплити.

Електрообігрів:

- підбір оптимальної потужності електрообігрівальних пристроїв;
- оптимальне розміщення облаштувань електрообігріву для зниження часу і необхідної потужності їх використання;
- підвищення теплообміну, у тому числі очищення від бруду поверхонь облаштувань електрообігріву;

- місцевий (локальний) обігрів, у тому числі переносними масляними обігрівачами, спрямований обігрів рефлекторами;
- використання облаштувань регулювання температури, у тому числі облаштувань автоматичного включення і відключення, зниження потужності залежно від температури, тимчасових таймерів;
- використання теплових акумуляторів;
- заміна прямого електрообігріву на електрообігрів з використанням теплових насосів.

Ефективність та економічний розрахунок у впровадженні заходів з енергозбереження і підвищення енергоефективності можна класифікувати наступним чином:

- початкові інвестиції, які можуть включати збільшення чи приріст витрат через вибір більш ефективного обладнання. Наприклад, заміна вікон у існуючому будинку на пластикові склопакети є інвестицією в енергозбереження. У той час як відмова від установки звичайних світильників на користь світлодіодних у новобудові може призвести до збільшення інвестицій в енергозбереження (з урахуванням перевищення вартості світлодіодних світильників над звичайними).
- одноразові витрати на проведення енергоаудиту (енергообстеження).
- одноразові витрати на придбання та монтаж приладів обліку і систем автоматичного контролю, видаленого зняття показань приладів обліку;
- поточні витрати на преміювання (заохочення) відповідальних за енергозбереження.

Енергоефективність є основою пасивного будинку. Протягом року цей будинок витрачає всього 15 кВт-год/м², що еквівалентно 1,5 літрам дизпалива або 1,5 м³ газу. Такі низькі тепловтрати призводять до зменшення споживання енергії більше ніж на 80%. Тобто, теплове навантаження пасивного будинку обмежується 7-10 Вт/м² в періоди пікового навантаження. Більшість цієї мінімальної потреби в енергії може бути задоволена відновлювальними джерелами, такими як геліотермальна установка,

невеликий дров'яний чи пелетний камін, або тепловий насос. Ключовим інженерним компонентом пасивного будинку є вентиляційна установка з системою рекуперації, яка утилізує більше 90% вихідного тепла.

Вентиляційні системи також постачають будинок свіжим повітрям, що стає важливим у зв'язку з герметичністю оболонки будівлі. Установки з рекуператорами оснащені фільтровою системою для забезпечення чистоти повітря, що надходить всередину приміщення. Для досягнення високої якості повітря, вікна в звичайних будинках потрібно регулярно відкривати вдень і вночі, в будь-яку погоду, навіть коли мешканці відсутні. Однак це практично неможливо, і, в результаті, більшість будинків, шкіл та офісів мають недостатню вентиляцію [11].

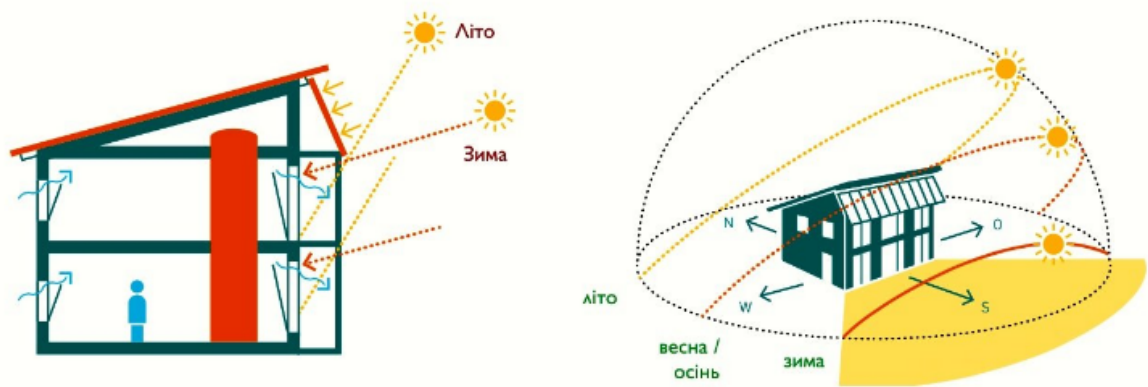


Рисунок 1.5 – Встановлення будівлі відносно сонця та максимізації використання пасивного сонячного тепла

Під час розробки пасивного будинку особлива увага приділяється геліоархітектурі, тобто правильному орієнтуванню будівлі відносно сонця та максимальному використанню пасивного сонячного тепла. Крім того, важливим елементом є уважне планування вікон, їхнє розташування та розмір. В ідеальних умовах для більшості кліматичних зон максимальна площа скління повинна бути орієнтована в бік екватора. Вікна самі по собі

повинні мати потрійне скління з двома камерами, заповненими інертним газом.

Таким чином, основні принципи пасивного будівництва:

- енергоефективна ізоляція: пасивні будинки використовують високоякісні ізоляційні матеріали для збереження тепла в зимовий період та утримання холоду влітку. Добре ізольовані стіни, дах і підлога грають ключову роль у зниженні тепловтрат;

- герметичність конструкцій: забезпечення герметичності будівлі допомагає уникнути непотрібних протічок повітря, що може призвести до втрати тепла. Герметичні вікна, двері та ізоляційні шари грають важливу роль у створенні ефективного теплового оболонки [12];

- використання природного сонячного світла та тепла є ключовим аспектом. Планування будинку так, щоб максимально використовувати сонячні промені, і встановлення вікон та інших елементів з урахуванням сонячного впливу сприяють ефективному використанню сонячної енергії;

- застосування теплових насосів для отримання тепла з навколишнього середовища та вентиляційних систем з рекуперацією тепла дозволяє оптимально використовувати теплові ресурси та підтримувати комфортні умови всередині будівлі;

- оптимальне розташування будівлі та її елементів, таких як вікна і двері, враховує сонячний захід і визначає оптимальний розмір та орієнтацію для максимізації ефективності.

Протягом останніх двох десятиліть стандарт пасивного будинку став надзвичайно популярним. Зведено більше 50 000 будинків по всьому світу, в різних кліматичних умовах, які підтверджують свою ефективність та інвестиційну привабливість [9].

Переваги пасивного будинку включають: високий рівень комфорту; чисте та свіже повітря в приміщенні протягом усього року; структура будівлі запобігає вологості та цвілю; надзвичайно низькі енергетичні витрати, навіть при постійному зростанні цін на енергоносії та зменшення викидів CO₂.

РОЗДІЛ 2 ОСОБЛИВОСТІ «ПАСИВНОГО» БУДІВНИЦТВА В ПОМІРНОМУ КЛІМАТІ

2.1 Аспекти спрямовані на максимізацію ефективності та комфорту

Пасивне будівництво в помірному кліматі включає ряд особливостей та аспектів, спрямованих на максимізацію ефективності та комфорту в таких умовах. Декілька ключових особливостей пасивного будівництва в помірному кліматі включають:

- теплоізоляція та герметизація: ефективна ізоляція стін, даху та підлоги разом із герметизацією будівлі допомагає утримувати тепло всередині приміщення, знижуючи тепловтрати;

- сонячна орієнтація: орієнтація будівлі відносно сонця важлива для максимального використання сонячної енергії. Вікна і скління слід розташовувати так, щоб максимізувати сонячний нагрів приміщення взимку та мінімізувати нагрів влітку;

- теплоакмуляція: використання матеріалів з високою теплоакмуляцією (наприклад, бетон) дозволяє накопичувати тепло вдень і випускати його вночі, регулюючи температуру всередині будівлі;

- вентиляція з рекуперацією: системи вентиляції з рекуперацією тепла дозволяють використовувати тепло вихідного повітря для передачі тепла свіжому вхідному повітрю, зменшуючи енерговитрати на обігрів чи охолодження;

- ефективні вікна: використання вікон з низьким коефіцієнтом теплопровідності та теплоекранами допомагає підтримувати теплові комфортні умови всередині будівлі;

– архітектурна оптимізація: проектування з урахуванням місцевих метеоумов, рельєфу місцевості та розташування будівлі може значно впливати на її ефективність у пасивному режимі;

– контроль вологості: важливо мати системи контролю вологості, оскільки висока вологість може впливати на комфорт та здоров'я мешканців [12].

Ці особливості спільно забезпечують оптимальне використання природних ресурсів та знижують витрати енергії в пасивних будівлях у помірному кліматі.

«Пасивний» будинок - це не просто ефективна будівля, але й гарантований високий стандарт життя.

Основні особливості пасивного будинку:

1. Виключно високий рівень теплоізоляції
2. Добре ізольовані віконні рами та потрійне скління
3. Якісні дизайн та будівництво
4. Відсутність містків холоду
5. Герметична конструкція будівлі
6. Вентиляція з рекуперацією тепла

«Пасивний» будинок – це концепція будівництва, доступна всім і практично зарекомендувала себе. Ця будівельна концепція дозволяє досягти комфортного мікроклімату як взимку, без додаткової системи опалення (або з використанням компактної системи опалення), так і влітку, без кондиціонування.

Є різноманітні можливості використання енергії навколишнього середовища, таких як вода, особливо ґрунтова, поверхнева та стічна вода, ґрунт, повітря та сонячна енергія. Серед усіх нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії, найбільш потужним та доступним є сонячна енергія. Загальною емпіричною властивістю є те, що правильно спроектований "пасивний сонячний будинок", порівняно з традиційно спроектованим будинком такої ж площі, може зменшити витрати на опалення на 75% при збільшенні вартості будівництва всього на 5–10%.

Параметри мікроклімату, визначаючи рівень теплового комфорту у приміщенні, визначаються як величини, що забезпечують теплову рівновагу в організмі людини та відсутність напруженості в його системі терморегуляції. Також важливо забезпечити достатній приплив свіжого повітря та ефективне видалення витяжного повітря. Параметри гарячої води для санітарно-гігієнічних потреб також повинні відповідати нормативам.

До параметрів мікроклімату, які необхідно враховувати для забезпечення комфортного стану людини у приміщенні, включають:

- температура внутрішнього повітря;
- радіаційна температура внутрішніх поверхонь огорожень;
- рух повітря в приміщенні, зокрема вздовж підлоги;
- відносна вологість повітря;
- кратність повітрообміну в приміщенні, тобто змінність повітря протягом години);
- інтенсивність інфрачервоного випромінювання поверхнею тіла людини.

Температура гарячої води повинна бути на рівні 55 °С, а витрати води мають відповідати нормам для різних видів споживачів. Зокрема, для житлових будинків квартирного типу рекомендується встановлення споживачів гарячої води з витратами, які відповідають стандартам, зазначеним в нормативах.

З метою забезпечення комфортних умов, температура внутрішнього повітря та повітрообмін у приміщеннях повинні відповідати вимогам, встановленим нормам [19].

Відповідно до українських стандартів, обсяг повітряобміну в житлових приміщеннях має складати не менше одного обсягу за годину. Отже, у випадку квартири об'ємом 200 м³ повітря має надходити не менше 200 м³ на годину. Температура внутрішнього повітря і обсяг повітрообміну в приміщеннях для створення комфортних умов наведена у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Температура внутрішнього повітря і обсяг повітрообміну в приміщеннях для створення комфортних умов [19]

Приміщення	Нормована температура внутрішнього повітря, °С	Вимоги до повітрообміну	
		Приплив	Витяжка
Загальна кімната, спальня	+ 20	Приплив	Витяжка
Кухня	+18	1-кратний через вікна	Не менше 90 м ³ /год
Ванна	+25	-	25 м ³ /год
Вбиральня	+20	-	50 м ³ /год
Суміщений туалет	+25	-	50 м ³ /год

Нормованим фактором є не тільки температура повітря в приміщенні, а також температура внутрішніх поверхонь зовнішніх огорожень усередині приміщення. Наприклад, температура на поверхні стіни повинна бути не менше температури внутрішнього повітря у житлових будинках на 4 °С; на 3 °С – для перекриття, на 2 °С – для перекриття над неопалювальним підвалом.

Тепловий комфорт значно визначається наявністю холодних потоків вздовж підлоги, температурою та матеріалом підлоги, а також умовами, в яких перебуває голова людини [13].

Використання теплофізичних властивостей будівлі для зберігання тепла є традиційною практикою, яка відома з найдавніших часів та використовується в народній архітектурі. Наприклад, у південних регіонах активно розвиваються концепції об'ємно-планувального та конструктивного вирішення будівель для поліпшення мікроклімату: використання масивних стін, плоского даху, групування приміщень навколо внутрішнього двору тощо.

Пасивна система сонячного опалення – це енергетична система, в якій процеси приймання, накопичення та використання сонячної енергії для опалення здійснюються природним шляхом у будівельних елементах. Ці

елементи вбудовані в саму будівлю [13], відмінно від активних систем, які використовують зовнішні пристрої. Пасивні системи вимагають менше обладнання та є економічно вигіднішими, хоча менш продуктивними. Для їхньої експлуатації не потрібен спеціалізований персонал. Популярність пасивних систем сонячного опалення пов'язана з їх простотою, низьким технологічним рівнем та натуральністю. Застосування пасивних систем може призвести до зменшення витрат на опалення на 30-40%, проте це залежить від погодних умов.

У пасивних системах використовується безпосереднє нагрівання будівельних елементів завдяки прямій сонячній радіації, а накопичення сонячного тепла відбувається у масивних конструкціях будівель природним шляхом через вікна, спрямовані на південь. Для оптимального використання сонячного опалення будівля повинна враховувати три основні вимоги: функцію сонячного колектора, сонячного акумулятора та хорошу теплову ізоляцію.

При необхідності будівля має забезпечувати внутрішню прохолоду. Це можливо завдяки правильній орієнтації та проектуванню, які дозволяють сонячному світлу проникати через огорожувальні конструкції та вікна взимку, а влітку створюють тінь за допомогою різних засобів, таких як навіси, жалюзі, зелені насадження тощо.

Будівля має служити сонячним акумулятором, зберігаючи тепло для використання в холодний період, коли сонце не світить, і зберігаючи прохолоду під час гарячих періодів. Ефективність цього процесу збільшується, коли будівля зведена з важких матеріалів, таких як камінь чи бетон.

Будівля повинна функціонувати як ефективна тепла пастка, зберігаючи тепло або прохолоду і втрачаючи його повільно. Це досягається шляхом зменшення тепловтрат будівлі за допомогою якісної ізоляції, мінімізації інфільтрації повітря та правильного оформлення віконниць. Різноманітні методи пасивного сонячного опалення, такі як пряме сонячне обігрівання,

метод заскленої масивної стіни та метод приєднаного сонячного простору, широко використовуються на практиці. Один із прикладів успішного впровадження пасивної системи сонячного опалення - включає в себе систему прямого сонячного обігрівання (солярій) та акумулятор тепла з кам'яним заповнювачем, розташований у підлозі.

Один із основних критеріїв для "пасивних" будинків - це компактність будівлі. Стандарти для будівництва таких будинків визначають певне співвідношення A/V , що є відношенням площі огорожувальної поверхні або "оболонки" будівлі до сумарного об'єму приміщень. Цей коефіцієнт повинен бути якнайменшим. Його обчислення важливе, оскільки зовнішня огорожувальна поверхня будівлі втрачає тепло протягом опалювального сезону. Будівлі з компактною об'ємно-планувальною структурою мають менші тепловтрати, оскільки великий внутрішній об'єм приміщень обмежений мінімальною площею зовнішньої поверхні [6].

Бажано уникати будь-яких архітектурних елементів, які виступають (балконів, терас, навісів і т.д.), оскільки вони можуть збільшити зовнішню огорожувальну поверхню будівлі, не значно збільшуючи внутрішній об'єм. Оптимальною вважається форма пасивної споруди у вигляді чотирикутного паралелепіпеда з класичним двосхилим дахом (рис. 2.1). Також рекомендується форма плану, близька до квадрата, з мінімальним периметром зовнішніх стін.

Завдяки меншому коефіцієнту площі поверхні, будинки рядової забудови та багатоквартирні будинки мають переваги перед відокремленими односімейними будинками. З іншого боку, односімейні будинки характеризуються більшою різноманітністю об'ємно-планувальних рішень завдяки свobodному розташуванню на ділянці та відсутності затінення сусідніми будинками (рис. 2.2).



Рисунок 2.1 – Найоптимальніша форма «пасивного» будинку



Рисунок 2.2 – Приклад «пасивного» будинку [6]

Проект пасивного чи енергоекономічного будинку (рис. 2.2). Чи стане будинок пасивним або енергоекономічним залежить не тільки від товщини теплоізоляції, а й від орієнтації будинку по країнах світу та якості виконаних робіт. При сприятливій орієнтації та високій якості виконаної теплоізоляції витрати енергії на опалення та гаряче водопостачання, в порівнянні з традиційним будинком, можуть бути знижені у 9 разів.

Сонячні фотоелектричні панелі можуть виробляти 9600 кВт на рік. Тепловий насос дозволить відмовитися від використання газу та твердого палива. Даний будинок бажано поставити входом на північ, тоді скат покрівлі із сонячними панелями буде орієнтований на південь.

Для зниження тепловтрат з північного фасаду передбачено лише одне вікно.

На першому поверсі простора кухня, об'єднана з вітальнею і має вихід на терасу, спальня площею близько 19 м², санвузол та котельня. Під сходами можна розмістити комору. На другому поверсі три спальні, вбиральня та ванна кімната. Такий будинок чудово пристосований для проживання сім'ї із 4-5 осіб.

У сфері проектування та будівництва садибних будинків за принципами "пасивного будинку" важливим є досвід, представлений системою «пасивний дім», особливо в контексті Німеччини (рис. 2.3). В цих ілюстраціях вражає наявність великих вікон, орієнтованих на південь, що не лише дозволяє використовувати сонячну енергію, але й забезпечує ефективне природне освітлення приміщень як взимку, так і влітку. Для зменшення площі зовнішніх стін також можуть використовуватися нетрадиційні форми, такі як циліндричні, напівсферичні тощо (див. рис. 2.4). У випадку будівель із значною общою площею можна досягти добре зорієнтованого фасаду, використовуючи форму трикутника або сегмента кола у плані будинку. Такі нестандартні пропорції між поверхнею та об'ємом компенсуються більшою кількістю добре орієнтованих вікон [5].



Рисунок 2.3 – Садибний будинок за системою «пасивний дім» [6]



Рисунок 2.4 – Нетрадиційні форми «пасивного» будинку [6]

В архітектурі, сонячну енергію можна використовувати через створення пасивних, активних та інтегральних систем, які базуються на фототермічній

конверсії, що полягає в перетворенні сонячного випромінювання на теплову енергію.

Будь-яка система сонячного опалення пасивних будинків виконує три основні функції:

- поглиблення та перетворення сонячної радіації у тепло;
- акумулювання тепла, оскільки сонячна радіація є непостійною.
- розподіл тепла, тобто подача теплової енергії у зони опалення у ті часи, коли це потрібно та у необхідних обсягах.

У пасивних сонячних системах всі ці функції відбуваються спонтанно, за допомогою природних процесів, без примусової зміни енергетичних потоків.

У активних сонячних системах всі ці функції виконуються різними засобами, і теплова енергія передається від зони поглиблення до акумулятора або до споживача через теплоносій, такий як нагріта вода в трубах або повітря в каналах з механічним стимулюванням (насосами, вентиляторами), за допомогою зовнішнього джерела енергії [8].

Інтегральна система поєднує ефективність та гнучкість активної системи з надійністю та простотою пасивної. Таке застосування певного типу геліосистеми впливає на вибір об'ємно-планувальної структури будівлі.

2.2 Конструктивні рішення «пасивного» будинку

Головною задачею для інженерів є розробка конструкцій, які допомагають максимізувати проникнення сонячного світла в будівлю взимку та зберігати його у вигляді тепла завдяки ефективній теплоізоляції. Передусім, необхідно вирішити, як ефективно зберегти тепло і запобігти його втратам через вентиляцію, яка має бути присутня у всіх приміщеннях.

Будівництво пасивного будинку передбачає обов'язкове виконання ряду вимог. Базовий критерій пасивного будинку - це створення безперервної

оболонки будівлі з підвищеною теплоізоляцією і коефіцієнтом теплопровідності $< 0,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$. Необхідним також є відповідність будівлі приведеним далі стандартам.

Для створення енергозберігаючих будинків використовуються традиційні будматеріали, але враховуються такі принципи:

- теплоізоляція – використання високоефективних матеріалів для утеплення огорожувальних поверхонь дозволяє створити зону позитивних температур для всіх несучих конструкцій;

- вікна – герметичні системи, використання двокамерних склопакетів, з інертним газом, дозволяють знизити втрати енергії;

- вентиляція – рух повітря забезпечується автоматичними системами, оснащеними теплообмінниками;

- системи опалення в енергозберігаючому будинку відсутні;

- використання сонячних або водяних колекторів дозволяє підтримати комфортну температуру в найхолодніші дні [10].

Конструкція пасивного будинку передбачає, як правило, використання екологічно чистих матеріалів, часто традиційних, - дерево, камінь, цеглина. Часто використовуваними є відходи бетону, скла і металу.

Запобігання "місткам холоду", тобто місць витоку тепла через погано ізольовані стіни, дахи, старі вікна, є первинним завданням. Саме існування таких "містків холоду" обумовлює необхідність опалювання в наших будинках. Компактність споруди. Пасивне використання сонячної енергії завдяки орієнтації будівлі на південь і відсутності затіненості.

Високоефективні установки економії електрики для використання в господарських цілях. Підігрів води за допомогою сонячних колекторів або теплового насоса.

Одним з найважливіших елементів в концепції пасивного будинку (рис. 2.5) є підведення свіжого повітря в приміщення.

І ця концепція "опалювання свіжим повітрям" є єдиною можливою у будівлі з високою теплоізоляцією, яким і є пасивний будинок. При цьому теплове

навантаження має бути менше 10 Вт/м^2 , що дозволяє використати свіже повітря для опалювання.

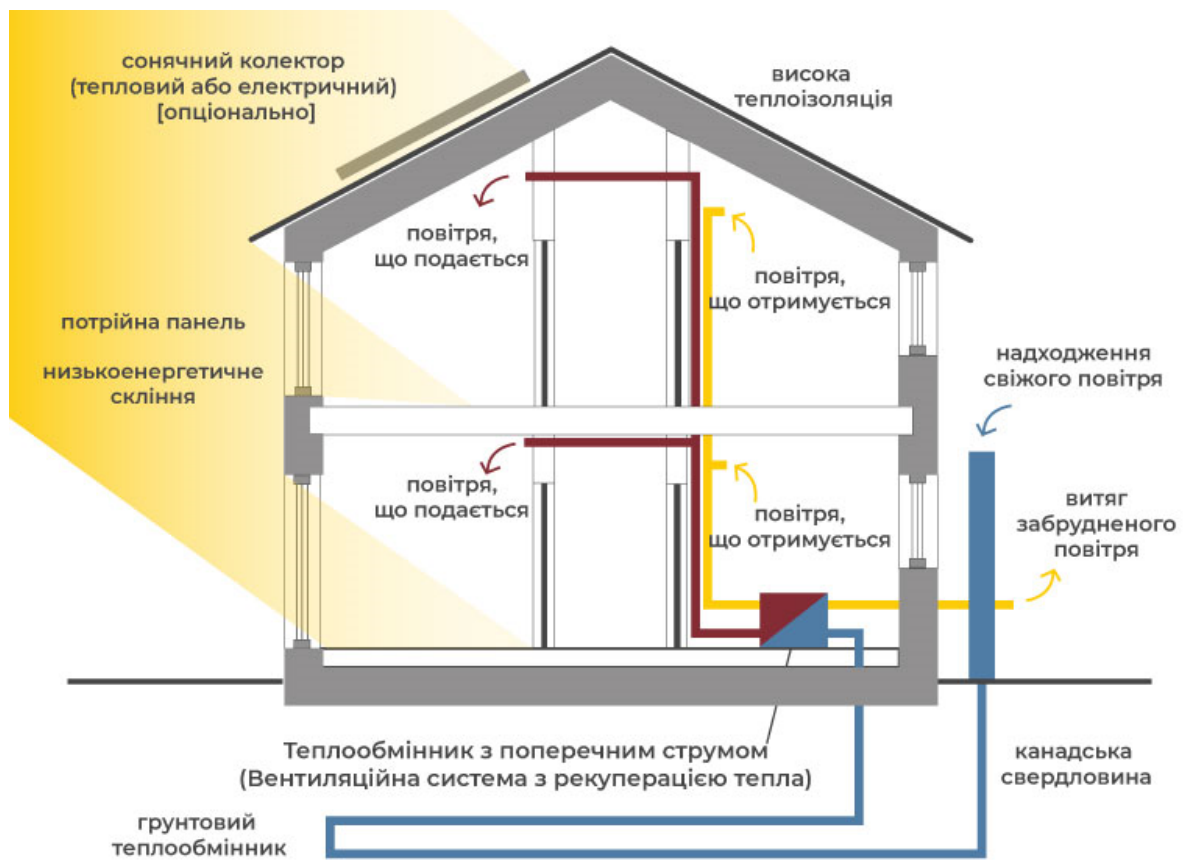


Рисунок 2.5 – Схема пасивного будинку

Основними принципами проектування енергоефективного пасивного будинку є: безперервний теплоізоляційний конверт [10].

Тобто створення неперервного теплоізоляційного "оболонки" навколо пасивного будинку для мінімізації втрат тепла через зовнішні поверхні будівлі.

Також повинен бути герметичний шар: використання герметичного шару на рисунку 2.6, б виділеного як червона лінія, який додається до теплоізоляційного конверту, оскільки більшість теплоізоляційних матеріалів не мають достатньої герметичності.

Герметичність суттєво впливає на ефективне використання енергії та комфорт в будинку. У контексті цього поняття, герметичність визначається наступним чином:

– герметичність житла, або його повітропроникність, виражається у термінах витoku повітря в кубічних метрах на годину на квадратний метр площі конверту (оболонки) будинку при перепаді тиску 50 Па ($\text{м}^3/(\text{год}\cdot\text{м}^2)$).

Площа оболонки будинку визначається як сума площ всіх підлог, стін та стель, що прилягають до будинку, включаючи елементи інших прилеглих опалюваних або неопалюваних просторів. Згідно вимог стандарту "пасивного будинку", неконтрольовані потоки повітря через зовнішню оболонку будівлі (герметичність) підлягають регулюванню та повинні бути не більше $0,6 \text{ м}^3/(\text{год}\cdot\text{м}^2)$.

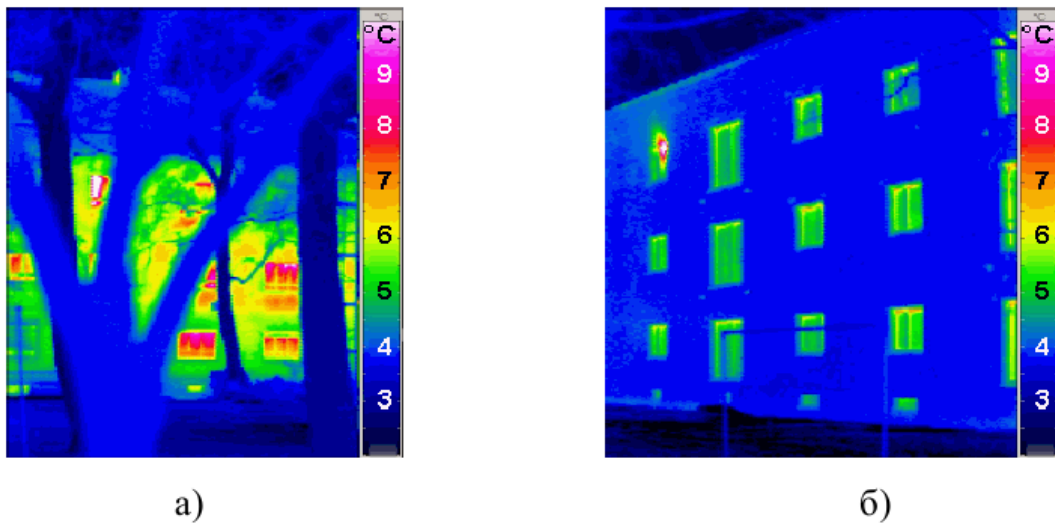


Рисунок 2.6 – Зображення будинку в інфрачервоному спектрі
а – без теплоізоляції; б – з теплоізоляцією (теплоізоляційний конверт)

Мінімізація теплових містків: застосування заходів для мінімізації теплових містків, оскільки це важливий аспект, який визначає ефективність системи утримання тепла [10].

Теплоізоляція як основний принцип: визнання того, що ключовим принципом енергозбереження є саме теплоізоляція, а не накопичення тепла. Високий рівень теплоізоляції завжди виявляється дієвим, зокрема у

покращенні теплового комфорту та запобіганні пошкодженням будівельних конструкцій.

Ефективність поліпшення теплоізоляції: підкреслення того, що покращення теплоізоляції є найбільш ефективним методом економії енергії, особливо у випадку існуючих будівель, де більше 70% теплових втрат припадає на зовнішні стіни та дах.

Таким чином у пасивних будинках використовують високоякісні теплоізоляційні матеріали. Коефіцієнт теплопередачі зовнішньої теплоізоляції фундаменту, стін і даху не повинен перевищувати $0,15 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Крім того, обов'язковою є повна герметизація зовнішньої оболонки будівлі, що означає відсутність щілин та холодних містків у теплоізоляції, що могли б призводити до збільшеного витоку енергії.

Проект «пасивного» будинку повинен передбачати теплоізоляцію огорожувальних конструкцій, яка у 2-3 рази перевищує нормативну для нашої країни. Так, нормативний показник опору передачі тепла для зовнішніх стін при будівництві в найхолоднішому регіоні дорівнює $3,2 \text{ м}^2 \text{К} / \text{Вт}$. Якщо ж зводиться пасивний будинок, проект повинен передбачати показник опору теплопередачі в $6,6 \text{ м}^2 \text{К} / \text{Вт}$. Так, для будинку з традиційних кам'яних матеріалів замість утеплювача товщиною 10 см, з практичної точки зору потрібен шар утеплювача товщиною 30 см.

Герметизація всіх щілин та швів є способом виключити втрати тепла. Однак важливо враховувати, щоб усередині конструкції не виникало конденсації, яка може призвести до утворення вологих крапель. Такий явище може спричинити пошкодження конструкції та знизити її теплоізоляційні властивості. Увесь опалювальний об'єкт будинку повинен бути обгорнутий теплоізоляційним та герметичним покриттям, включаючи стіни, покрівлю та підлогу. Важливо виключити всі можливі містки холоду, уникнути розшарування утеплювача та заповнити всі щілини. У випадку, якщо проект будинку містить виступаючі елементи, такі як еркери, особлива увага повинна бути приділена їх утепленню [29].

Використання енергозберігаючого скління вважається ключовим елементом для підвищення енергоефективності будинків. Вибір склопакету з додатковою камерою може забезпечити зменшення витрат на опалення до 50%. Однак для максимально ефективного результату необхідно врахувати інші важливі аспекти: відсутність світлопропускаючих елементів на північній стороні будинку, таких як вікна, скляні двері, засклені фасади чи елементи дахів.

Розташування світлопропускаючих конструкцій так, щоб зимове сонце максимально довго освітлювало внутрішні приміщення.

Розміщення вікон переважно на південній стороні та трохи на східній і західній, що особливо актуально для нашої кліматичної зони. Коефіцієнт теплопровідності вікон і профілів повинен бути $\leq 0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ [36].

Спільно враховуючи ці аспекти, скління, що відповідає стандартам пасивного будинку, дозволяє мінімізувати тепловтрати та забезпечує додатковий комфорт для мешканців.

Основні особливості вікон пасивного будинку включають: потрійне скління з двома низькоемісійними покриттями та заповненням інертним газом або аналогами.

Теплоізольоване з'єднання скління з віконною рамою та використання спеціальних дистанційних рамок (теплий край).

Теплоізольовані віконні рами. Згідно з європейськими стандартами, коефіцієнт теплопровідності для теплих вікон повинен бути менше $0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, щоб забезпечити ефективну теплоізоляцію та зручний комфорт в приміщенні. Одночасно, великі вікна, спрямовані на південь (у північній півкулі), приносять більше тепла, ніж втрачають, підвищуючи комфорт у приміщенні.

Крім того, важливо враховувати вимоги до дверей пасивного будинку, забезпечуючи їм високий рівень теплоізоляції з коефіцієнтом теплопровідності U менше $0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.

Для створення стін у «пасивному» будівництві можна використовувати різноманітні матеріали, такі як цегла, керамічні блоки, газобетон, каркасні панелі або дерево. Однак, якщо метою є максимальна акумуляція теплової енергії з можливістю подальшого використання, рекомендується віддавати перевагу масивним конструкціям. Застосування стіни Тромба, встановлення масивних цегляних стін у південних кімнатах та облаштування масивної підлоги може значно підвищити енергоефективність каркасного будинку. Саме з використанням каркасної технології будуються найвідоміші пасивні будинки та будинки із позитивним та нульовим споживанням енергії [12].

Покрівля «пасивного» будинку. Втрати тепла можна зменшити, віддавши перевагу простій або плоскій формі покрівлі.

Фундамент. Суцільна плита вважається найбільш енергоефективним типом фундаменту. Масив підлоги, який базується на такій плиті, добре акумулює теплову енергію. Щоб утеплити фундамент такого типу, утеплювач розміщується між плитою та ґрунтом по всій площі. Шар утеплювача досягає до ізоляції цоколя, створюючи безперервну теплоізоляційну оболонку.

В будинках із стрічковим фундаментом для створення безперервної теплоізоляції використовуються дорогі й більш складні технології.

Підлога на першому поверсі, яка облицьована керамогранітними плитами, ефективно акумулює тепло. У випадку вибору дерев'яного покриття для підлоги важливо, щоб воно було якісно висушеним, оскільки недостатня сухість може спричинити утворення щілин, порушуючи тим самим замкнутість ізоляційного контуру.

Для здійснення герметизації та теплоізоляції часто використовуються різноманітні плівки, ізоляційні стрічки, вкладиші, пробки та накладки. Ефективність паро- та теплоізоляції в каркасних будинках визначається уважним заповненням всіх щілин та дотриманням правильної обробки деталей. Наявність щілин може значно знизити енергоефективність будинку, тому особливо важливо звертатися до кваліфікованих фахівців, які надійно

виконують навіть найпростіші завдання. Якщо будівництво ведеться на високому рівні, з урахуванням правильних архітектурних рішень, енергоспоживання будинку може бути зменшено на 80-90%.

Переваги технології пасивного будинку :

- економічність — не треба витратитися на установку мереж центрального опалювання і газу, а витрати електричної енергії на опалювання пасивних будинків в 7-12 разів менше, ніж в цегляних будинках традиційної будови;

- енергобезпека — в пасивних будинках відсутні мережі газу і теплоцентралей. Потрібна тільки вода і електроенергія у розмірі 10 кВт додому або квартиру;

- незалежність — пасивні будинки мають масивні несучі стіни, плити підлоги першого поверху і міжповерхові перекриття, що сприяє хорошій акумуляції тепла і децентралізації енергопостачання;

- екологічність — у будівлях, побудованих за цією технологією, застосовуються сучасні будівельні матеріали і конструкції і новітнє інженерне устаткування. У пасивних будинках циркулює чисте і тепле свіже повітря, стіни і пола постійно залишаються теплими.

Поширення технології «пасивного» будинку досить активними темпами пов'язане, в першу чергу, із скороченням витрат на опалювання в 7-10 разів. Вже побудовані пасивні будинки другого покоління, що відрізняються надзвичайно низьким споживанням енергії [9].

На цей час технології будівництва пасивних будинків часто не дозволяють відмовитися від активного опалення або охолодження, особливо в регіонах з постійно високими або низькими температурами, або в областях з різкими перепадами температур, такими як континентальний клімат. Тим не менше, важливою складовою пасивного будинку є система обігріву, кондиціонування і вентиляції, яка використовує ресурси більш ефективно, ніж у звичайних будинках.

2.3 Інноваційні рішення системи управління та акумулювання енергією у «пасивному» будинку

У звичайних будинках проводиться вентиляція, використовуючи природний потік повітря, який зазвичай проникає в приміщення через спеціальні щілини у вікнах і віддаляється за допомогою пасивних вентиляційних систем, розташованих в кухнях і санвузлах.

У високоефективних будівлях використовується більш складна система: замість вікон із відкритими щілинами використовуються звукоізолюючі та герметичні склопакети, а система припливно-витяжної вентиляції приміщень здійснюється централізовано за допомогою установки рекуперації тепла. Для додаткового підвищення енергоефективності можна використовувати підземний повітропровід з теплообмінником, який забезпечує передачу тепла між видаленим повітрям та свіжим повітрям.

У зимовий період холодне повітря входить в підземний повітропровід, нагрівається там за рахунок тепла землі і потім проходить через рекуператор. В рекуператорі відпрацьоване повітря, яке вилучається з приміщень, нагріває свіже повітря, а потім виводиться назовні. Ця система дозволяє підтримувати комфортні умови у «пасивному» будинку, а лише іноді може знадобитися використання невеликих обігрівачів або кондиціонерів (теплових насосів) для мінімального регулювання температури.

Будинок може стати абсолютно автономним у виробництві енергії і навіть досягти статусу "енергія плюс", завдяки використанню спеціальних технологій, таких як [8]:

- вентиляційна система з рекуперацією енергії;
- використання підземних теплообмінників;
- пристрої для збору тепла з ґрунту;
- встановлення фотоелектричних панелей, що вбудовані в виступаючі елементи або дах (як додатковий захист);

– використання сонячних колекторів для опалення та підігріву води.

Якщо в будинку передбачена традиційна природна вентиляція, через неї буде йти до 45% тепла! При будівництві пасивного будинку цього допускати не можна. Передбачають примусову вентиляцію з регульованими параметрами вентиляторів. Віддача і надходження повітря відбувається через систему повітропроводів, а зовнішнє повітря підігрівається в рекуператорі теплом відпрацьованого повітря.

Теплообмінник ґрунтового типу: якщо на вулиці особливо холодно, прогрів повітря в рекуператорі не буде так відчуватися. Заповнити нестачу допоможе ґрунтовий теплообмінник. Він має конструкцію, що складається з труби, заглибленою під землю на 1,5-2 м і має довжину в 30 м. Теплообмінник пропускає повітря, що йде в будинок. Оскільки ґрунт на глибині в залежності від пори року має температуру в середньому 5-13 ° С, своє тепло за допомогою такого теплообмінника ґрунт віддає холодного вуличного повітря. У літні місяці теплообмінник використовується в якості кондиціонера.

Сонячні колектори: у рейтингу найбільш енергоємних процесів житлового будинку на другому місці підігрів води. Такі пасивні системи, що працюють на енергії сонячного світла, як колектори успішно і енергоефективно справляються з поставленим завданням. Предметом точного розрахунку виступають ступінь їх нахилу і положення в просторі щодо сонця в зимовий період для кожної конкретної місцевості. Повний безкоштовне забезпечення гарячого водопостачання будинку в літній період – посилене завдання для сонячних колекторів. У холодний період завдяки цій альтернативної сонячної системі можна істотно скоротити частину витрат на підігрів [12].

Трубчастий електронагрівач: гарним заходом енергозбереження стане установка в вентиляційний канал ТЕНа, споживання енергії якого незначно, а ступінь економії істотна. Включати його можна в момент необхідності для більш ефективного прогріву повітря. Аналогічним способом діє водяний ТЕН, який можна застосовувати для прогріву води з колектора в похмурі дні.

Додаткові заходи щодо обігріву: пристрій додаткової альтернативної системи опалення пасивного будинку не прийнято. Тут скоріше мова йде про використання комплексу додаткових заходів, спрямованих на обігрів.

«Пасивний» будинок не розглядає можливість впровадження єдиної альтернативної системи опалення. У рамках проектів будівництва «пасивного» будинку за цією технологією враховано комплекс додаткових заходів, спрямованих на забезпечення ефективного обігріву.

Основним заходом є підігрів повітря для системи вентиляції. Додатково, у проекті пасивного будинку часто враховується встановлення системи підігріву підлоги в окремих приміщеннях, яка отримує енергію від гарячого водопостачання. Для додаткового опалення може використовуватися електроенергія.

Використання каміна для обігріву приміщень також є варіантом. При цьому тепло від каміна може бути використане для прогріву повітря в системі вентиляції. Щоб забудувати максимально енергоефективний будинок, проект має враховувати камін із закритою топкою. Це зумовлено тим, що процес горіння потребує значного потоку повітря, якого не може забезпечити відкритий тип топки. Для подачі повітря до топки передбачений окремий повітропровід. Продукти згоряння виводяться по ізольованому каналу і можуть бути використані для підвищення енергоефективності будинку, наприклад, за допомогою рекуператора.

Існують інші ефективні рішення для підвищення енергоефективності будинку. Наприклад, використання рослинності та ґрунту на покрівлі будівлі може значно покращити теплоізоляцію, забезпечуючи збереження прохолоди влітку та тепла взимку. Крім того, зелені покрівлі утримують вологу, зменшують навантаження на системи водостоків, захищають покрівельні мембрани, а також зменшують шум та фільтрують забруднюючі речовини.

Буферна зона, яка приєднана до будинку, не передбачає опалення, оскільки вона обігрівається від самого будинку та функціонує як бар'єр проти тепловтрат. Щоб захистити північну стіну будинку від швидкого

охолодження, можна встановити тамбур, гараж або холодильну камеру. При цьому південну стіну можна використовувати для розміщення зимового саду так, щоб нагрівання відбувалося за допомогою підлоги та фронтальної стіни. Ці приміщення, становлячи до 20% від загальної площі будинку, не потребують додаткового опалення.

Рішення, спрямовані на акумулювання енергії, враховуються при проєктуванні енергоефективних будівель. Елементи, які здатні утримувати тепло в приміщенні, включають цегляні або бетонні стіни, оброблені зсередини глиняною штукатуркою. Високі показники енергоефективності спостерігаються у тромб-стінах та "задніх" масивних стінах у неглибоких приміщеннях. Додатково, використання масивного темного декору (наприклад, мармурові або кам'яні колони, вази, чаші, гіпсова ліпнина) може не лише утримувати сонячне тепло, але й акумулювати енергію від побутових приладів, комп'ютерів, людей та інших джерел. Прохолода вночі влітку ефективно зберігається у простінках (стінах між кімнатами) або в утеплених зовнішніх стінах.

Важливим аспектом є встановлення стіни Тромба на південному фасаді. Ця масивна стіна забезпечує акумуляцію сонячного тепла протягом дня і його віддачу вночі. Стіна Тромба, товщина якої в каркасних пасивних будинках становить 20-40 см, обладнана багатокамерним склопакетом, що запобігає втраті тепла на зовнішню сторону. Цей елемент є ефективним інструментом для обігріву протягом всього року, забезпечуючи нагрівання протягом 6-8 годин і віддачу тепла протягом ночі [10].

Крім того, слід враховувати енергоощадну ділянку для будівництва пасивного будинку, обираючи ділянки, які не тінить будинок з південного боку та уникати вершин пагорбів чи північних схилів. Правильне планування архітектури може значно зменшити теплоспоживання на 30-50%, зокрема застосовуючи профільні будівельні методики.

Оскільки інженерне оснащення пасивних будинків вимагає істотних вкладень, у більшості європейських країн держава або інші організації

дотують таке будівництво котеджів. Проекти будинків за технологією пасивних будинків та їх реалізація обходиться дорожче зведення звичайного будинку.

Будівництво пасивного будинку вимагає додаткових капіталовкладень на:

- якісний проєкт будівництва будинку,
- герметизацію,
- більшу кількість теплоізоляції,
- енергоощадні віконні системи,
- установка вітрозахисту території, стіни Тромба та зимового саду,
- оплату праці інженера технагляду й кваліфікованих фахівців,
- установку сонячного колектора,
- монтаж теплообмінника ґрунтового типу,
- установка примусової вентиляції з рекуператором.

Разом з цим у ході будівництва пасивного будинку можна заощадити шляхом: зменшення площі, яка підлягає утепленню, завдяки пристрою буферних зон.

Принципу компактності, що забезпечує скорочення обсягу кладок матеріалів.

Відмови від опалювальних систем традиційних видів, які передбачають монтаж приладів опалення, котлів, прокладки магістралей та опалювальної розводки.

Використання біопалива. Опишемо принципову схему опалювання приміщень тепловим насосом, використовуючим низкопотенціальне тепло ґрунту. У приміщенні розташований конденсатор робочого середовища теплового насоса (наприклад, хладони 134, 404, 407 та ін.).

Хладон, що сконденсувався, поступає через дросельний клапан у випарник, який розміщений в ґрунті під опалюваним приміщенням. Температура повітря в приміщенні визначається балансом між сезонним закумуляованим теплом ґрунту і тепловтратами в довкілля.

Енергетичний потенціал ґрунту значно визначається геологічними особливостями місцевості, такими як тип ґрунту та глибина залягання ґрунтових вод. Теоретичне обчислення кількості тепла, яке можна видобути з 100 м² поверхні ґрунту, розташованої паралельно земельній поверхні на глибині від 3 до 8 метрів, є одним з ключових факторів та показує, що воно може забезпечити обігрів 2-3 м² приміщення впродовж опалювального сезону без додаткової акумуляції енергії. Якщо забезпечити акумуляцію енергії в цьому об'ємі ґрунту в неопалювальний літній період, то без додаткових заходів по запобіганню розсіюванню тепла можна забезпечити опалювання приміщення площею 30-50 м². Розрахунки, які виконувалися при температурі зовнішнього повітря 15°C, показують, що для опалювання 1 м² приміщення впродовж усього опалювального сезону необхідно трансформувати тепло 45-50 м³ ґрунту, що лежить під будівлею. Якщо використати в якості робочого тіла хладони різних марок, то витрата циркулюючого в цьому об'ємі ґрунту робочого тіла буде складати близько 25-28 кг/ч.

Теплові насоси є високоекономічними енергоресурсозберігаючими тепловими апаратами, які дозволяють понизити потребу в первинних паливних ресурсах в 4 рази.

Сезонна акумуляція тепла трансформаторів за допомогою теплових насосів абсорбції дозволяє впродовж літнього, осіннього і весняного періодів відібрати надмірне тепло трансформатора і "закачати" в ґрунт з температурою до 55°C, а в періоди максимально низької температури "вибирати" тепло ґрунту температурою до - 5 °C.

У всьому цивілізованому світі для замиського опалювання усе більш широко використовуються такі поновлювані джерела енергії, як деревина і інші рослинні матеріали, що поставляються у вигляді паливних брикетів або гранул.

На відміну від традиційних березових дров для виробництва деревних або торф'яних брикетів, використовуються сучасні технології, засновані на

подрібненні матеріалу в однорідну масу з подальшим пресуванням при дуже високому тиску. В результаті виходять паливні гранули або брикети, інакше що називаються біопаливом. Подібне біопаливо можна виготовляти не лише з деревних відходів, але також з лушпиння соняшнику, соломи, торфу і навіть водоростей.

Для автоматизованого виробництва паливних брикетів з деревних відходів потрібні прес, сушарка (якщо вологість початкової сировини перевищує 20 %), устаткування для сортування і подрібнення деревини, а також бункери і транспортні пристрої. Отримані брикети різної форми (у вигляді циліндрів, брусків або кубиків з отвором посередині) можуть бути різної щільності (750-1100 кг/м³) і маси. Оскільки брикети виготовляються з перемелених деревних відходів без будь-яких хімічних добавок і склеюючих речовин, то сморід виявляються екологічно чистими, і ніякі шкідливі речовини при їх горінні не виділяються. Теплотворна здатність брикета в 1,5-2 рази більше того ж показника звичайної деревини. Це пов'язано з тим, що при спалюванні дров велика кількість тепло витрачається на випар води, що міститься в них. Адже зазвичай вологість дров складає 18-20 %, тоді як у паливних брикетів цей параметр не перевищує 7-8 %.

Промениста система опалювання. Плівкові променисті електронагрівачі (ПЛЕН) застосовуються як джерело пікової енергії на додаток до котельної або до теплових насосів, що виробляють базову енергію. ПЛЕН встановлюється між покриттям стелі і додатковою теплоізоляцією, займаючи при цьому близько 70-80 % площі поверхні (рис. 2.7).

У основу роботи нагрівача закладений відомий принцип, відповідно до якого при протіканні струму через провідник (резистивну гріючу фольгу) виділяється теплота. Вона контактено передається на алюмінієву фольгу, поверхня якої нагрівається до температури 43 - 44 °С. ПЛЕН, починаючи випромінювати невидиму теплову складову сонячного світла, представлену інфрачервоними променями довжиною хвилі від 9 до 15 мікрометрів. Це випромінювання поглинається поверхнею стін, підлоги та меблів, що

призводить до комфортного температурного обігріву приміщення між температурою підлоги і стелі складає 2-3 °С. ККД ПЛЭН складає 95 %.

Систему опалювання на основі ПЛЭН неможливо розморозити. При відключенні електроенергії з нею нічого не станеться, вона також відключиться і після відновлення енергопостачання вийде на заданий температурний режим. Система здатна підвищити температуру в позитивному діапазоні в приміщенні на 10 °С впродовж 40 хвилин. На обігрів 1 м² приміщення з висотою стелі, що не перевищує 3 м, витрачається близько 10-20 Вт в годину. Така низька витрата електроенергії обумовлена тим, що в підтримувальному режимі система включається на період часу, що не перевищує 10 хвилин в годину.

Ще однією важливою перевагою променистої системи опалювання є те, що вона включається тільки тоді, коли є необхідність в нагріві приміщення, і підтримує комфортну для споживача температуру.

Мінімальне зниження витрат на опалювання досягає 2,5 рази. Температура регулюється кімнатним терморегулятором: вбудований датчик вимірює навколишню температуру і управляє блоком нагріву згідно з відмінністю між заданою і фактичною температурою.

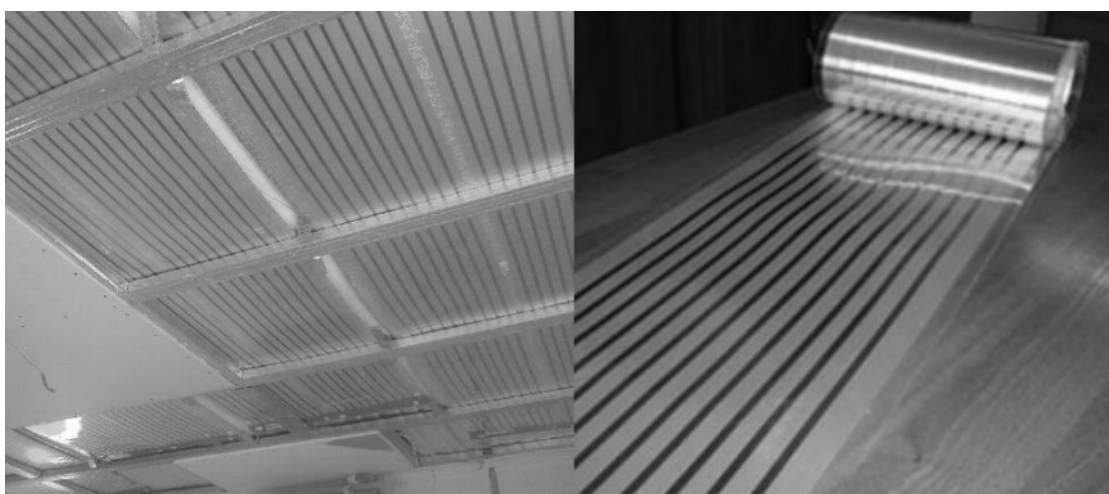


Рисунок 2.7 - Промениста система опалювання

Від тенів до теплових труб і термосифонів. Застосування теплових труб з використанням як теплоносіїв води з температурою до 55-60°C дозволяє забезпечити високу енергетичну ефективність і одночасно високу надійність для обігріву відповідальних і важкодоступних елементів електротехнічних пристроїв.

Конструктивно теплові труби (рисунок 2.8) можна виконати настільки компактними, що вони зможуть замінити тени практично в тих же габаритах.

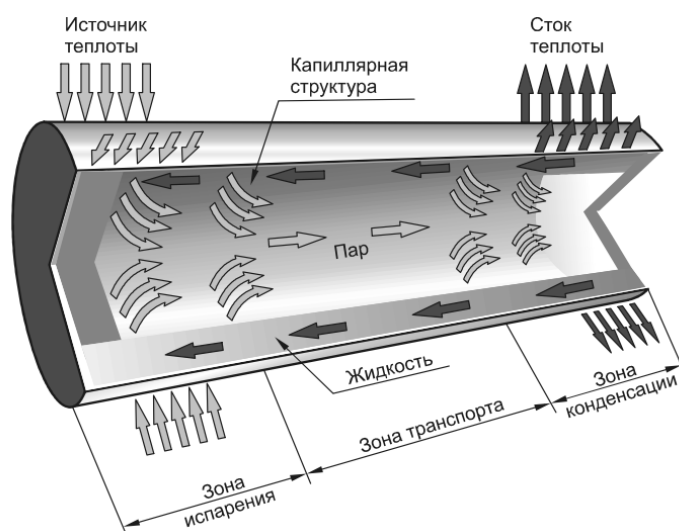


Рисунок 2.8 - Схема теплової труби

Кабельна система антиобморозувача Теплоскат. Теплоскат (Терloskat) — обігрів даху, водостоків, захист покрівлі і фасадів. Теплоскат є системою антиобморозувача, яка дає можливість протистояти формуванню ожеледі на краях покрівлі, жолобах водостоків і у водостічних трубах, а також в інших місцях, де може статися обмерзання. Теплоскат забезпечує надійний захист покрівлі завдяки системам обігріву даху і обігріву водостоків. Для запобігання утворенню крижаного нальоту усередині водостічних труб застосовується обігрів жолобів.

Теплоскат має ряд достоїнств:

- обігрів покрівлі забезпечує безперебійний схід талої води з покрівлі по водостічних трубах;

- обігрів даху підвищує термін експлуатації водостоків і покрівлі;

- захист фасадів - перешкоджає процесам руйнування фасадів будинків;

- обігрів покрівлі забезпечить перехожих від падіння льоду і бурульок з дахів;

- монтується на будь-який вид даху;

- відсутня необхідність робити демонтаж на літній період;

- гріючий кабель є стійким до сонячної радіації і температурних перепадів;

- управління системою повністю автоматизовано.

Основними складовими елементами Теплоскат є гріючі кабелі, які встановлюються в місцях найбільшої вірогідності появи ожеледі (жолоби, водостоки, нижня частина покрівельної конструкції). Кабелі запобігають процесу формування ожеледі.

Саме застосування таких кабелів гарантує ефективність систем антиобмерзання у зв'язку з тим, що:

- вони самостійно змінюють величину тепловиділення при зміні температури довкілля;

- гарантують оптимальний контакт з поверхнею, яку обігрівають;

- мають відмінні показники надійності;

- не перегріваються при самоперетині;

- є можливість відрізати будь-якої необхідної довжини кабель.

Технологія захисту даху від снігу і полов DEVI (Данія). Система нагрівальних кабелів Deviflex DTCE - 30 (рис. 2.9) кріпиться на дах за допомогою спеціальної монтажної стрічки, так само як і нагрівальний кабель під бетонне стягування. Обігрів даху звільняє від безлічі проблем, таких як навантаження на покрівлю, ризик падіння бурульок і криги, нормальне функціонування водостічної системи та інше. Нагрівальні кабелі Deviflex DTIP універсальні і можуть застосовуватися як усередині приміщення, так і для обігріву відкритих майданчиків від снігу та ожеледі.



Рисунок 2.9 - Deviflex DTCE - 30

Спосіб захисту систем покрівель будівель, що водовідводять, від обмерзання.

Спосіб включає обігрів похилих поверхонь жолобів дощових і талих стоків і зовнішніх покриттів кровель будівель теплоносителем з подальшим видаленням конденсату в каналізацію (рис. 2.10).

В якості теплоносія застосовують повітряні потоки з витяжних систем вентиляованих опалюваних приміщень будівлі, які направляють в товщу систем кровель, що водовідводять, за допомогою каналів підведення теплоносія. Повітряні потоки з витяжних систем вентиляованих опалюваних приміщень будівель переміщують примусово, дощові і талі стоки видаляють в традиційну каналізацію за допомогою водостічних труб, які нагріваються теплоносієм [24].

Інфрачервоні стельові панелі Finnstrip. Інфрачервоні стельові панелі перетворюють електроенергію в теплове випромінювання, яке переноситься на обмежений простір. Це дозволяє точніше зосередити теплову енергію. Ці панелі особливо добре підходять для випадків, коли потрібно опалити зону, не нагріваючи навколишнє повітря.

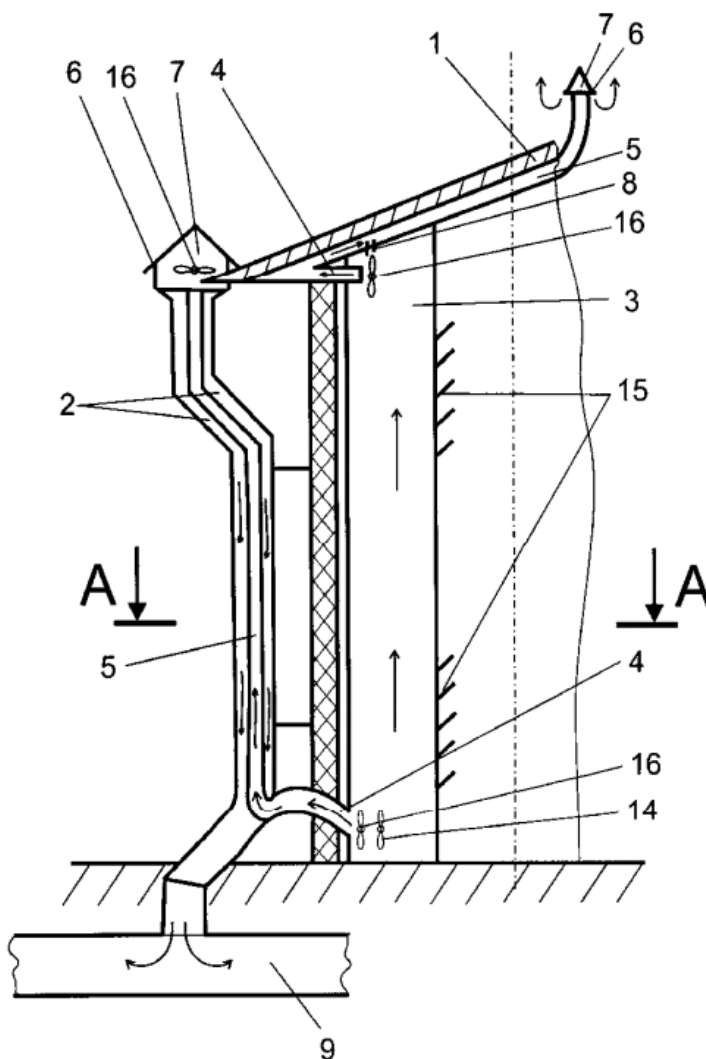


Рисунок 2.10 - Розріз будівлі з підведенням теплоносія як в товщу покрівлі, так і в порожнину водостічної труби : 1 - покрівля похилої; 2 - водостічні труби; 3 - витяжні системи; 4 - канали; 5 - засоби перенесення; 6 - випускні колектори; 7 - козырьки-оголовки; 8 - дренажні канали; 9 - традиційна каналізація; 10, 11 - водостічні труби; 12 - кругові канали; 13 - кільцеві канали; 14 - тепловентилятори;

Настінні і стельові панелі можуть бути підрозділені на групи, виходячи з температури поверхні, що нагрівається. У низько- і середньотемпературних панелях теплова енергія передається поверхні панелі, а потім в навколишній простір. Високотемпературні інфрачервоні панелі випускаються з відкритим

теном, не мають захисної панелі, теплова енергія відбивається в приміщення увігнутим відбивачем.

Низькотемпературні (температура поверхні менше 200 °С) інфрачервоні панелі FinnStrip EL/EC (рис. 2.11, а)



а)



б)

Рисунок 2.11 – Інфрачервоні стельові панелі Finnstrip

а) низькотемпературні панелі; б) середньотемпературні інфрачервоні

Для кімнат більшої площі і з більш високими стелями призначені середньотемпературні інфрачервоні панелі FinnStrip EE (рис. 2.11, б). Температура гріючої поверхні вища: від 200 до 450 °С.



Рисунок 2.12 – Високотемпературні панелі

Інфрачервоні високотемпературні панелі FinnStrip EIR і Heller Quartz (рис. 2.12) підходять для використання на балконах, терасах. Потужні інфрачервоні панелі підійдуть для опалювання приміщень з високими стелями.

Опалювання стелі регулюється кімнатними термостатами. Якщо паралельно встановлена система теплої підлоги, кращий результат досягається при використанні комбінованого термостата.

Інфрачервона гріюча плівка Hot Film для теплих підлог і обігріву.

Гріюча плівка Hot Film — джерело "м'якого" тепла, що є сукупністю нагрівальних елементів на основі модифікованого графіту з впровадженою в шар срібною стрічкою, за рахунок якої забезпечується висока рівномірність температурного поля нагрівального елемента.

Відмітною особливістю плівки Hot Film є те, що 90,4 % тепла, що віддається, знаходиться у біорезонансному діапазоні (9,02 мкм), що відповідає частоті випромінювання тепла від тіла людини, це чинить потужну оздоровчу дію на наш організм.

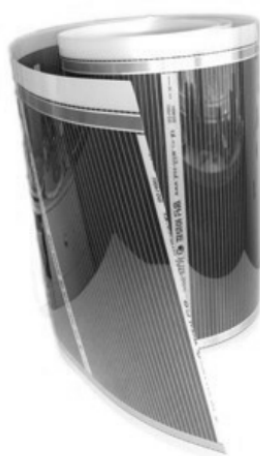


Рисунок 2.13 – Інфрачервона гріюча плівка Hot Film - сучасний енергозберіжний обігрів приміщень

Інфрачервона гріюча плівка Hot Film (рис. 2.13) з використанням дорогих матеріалів: карбону, срібла і міді.

Технічні характеристики інфрачервоної плівки Hot Film 100 см:

- електроживлення від побутової мережі 220 В;
- пікова потужність, споживана в моменти активного розігрівання, 180 - 200 Вт/м²;
- максимальний нагрів плівки 55 °С;
- споживана потужність 30 - 50 Вт/годину (при використанні терморегулятора);
- ширина полотна плівки 100 см, довжина полотна в рулоні 100 пог. м;
- товщина гріючої плівки 0,27 мм;
- крок відрізу плівки 25 см;
- гарантія 15 років, термін служби більше 30 років.

Енергоефективні системи нагріву води Корді. Сонячні системи для нагріву води Корді (рис. 2.14) використовують для підігрівання води шляхом перетворення сонячної енергії на теплову за допомогою вакуумних трубок, які виготовлені з міцного баросилікатного скла і покриті спеціальним абсорбентом, який ефективно вбирає в себе сонячне випромінювання.

Вода, що підігрівається у вакуумних трубках, поступає у бак-акумулятор, конструкція якого дозволяє зберігати підігріту воду тривалий час (при температурі 15°С впродовж ночі температура води у баку знижується максимум на 8 °С). Баки-акумулятори виготовляються об'ємом від 140 до 385 л.

У середньостатистичний сонячний день геліосистема забезпечує два повні цикли нагріву води, тобто якщо бак на 300 л, в день отримуємо 600 л гарячої води середньої температури 70°С. Геліосистема обладнана електричним тенем потужністю 1,5 кВт (у баках від 140 до 385 л) або 2,4 кВт (у баках від 200 до 300 л), який забезпечує роботу системи у разі похмурої погоди. Система комплектується контролером – електронним приладом, який забезпечує подання води у бак і дає можливість задати температурний режим. Ресурс роботи вказаних геліосистем складає 30 років.

Процес підігрівання води наведено на рис. 2.14. Колектори, бак-акумулятор і з'єднувальні трубопроводи системи заповнені холодною водою.

Сонячне випромінювання, пройшовши через прозоре покриття (скління) колектора, нагріває поглинаючу панель та воду в її каналах. Під час нагріву щільність води зменшується, і тепла рідина рухається вгору до верхньої точки колектора і далі по трубопроводу в бак-акумулятор. У баку нагріта вода переміщується вгору, а менш нагріта вода розташовується в нижній частині бака, тобто спостерігається розшарування води за температурою. Прохолодна вода з нижньої частини бака подається в нижню частину колектора по трубопроводу. Протягом світлового дня відбувається повне прогрівання усього бака, і відбір води для використання повинен здійснюватися з найтепліших шарів води [10].



Рисунок 2.14 – Геліосистема підігрівання води

На сьогодні вартість будівництва енергоефективного будинку становить приблизно 8-10 % більше ніж середні показники для звичайної будівлі. За додаткові витрати на будівництво можна розглядати період окупності у 7-10 років. Важливо зазначити, що в такому випадку відсутня необхідність у внутрішній прокладці труб водяного опалення, будівництві котельні, спорудженні ємностей для зберігання палива та інших супутніх систем.

РОЗДІЛ 3 ПЕРЕВАГИ ТА ВИКЛИКИ ВПРОВАДЖЕННЯ ПАСИВНИХ БУДИНКІВ В ПОМІРНОМУ КЛІМАТІ

3.1 Роль «пасивного» будівництва в розвитку сталого житла в Україні

З метою ефективного впровадження державної регіональної політики, політики у сфері будівництва та архітектури, а також вирішення проблем, пов'язаних із реформуванням житлово-комунального господарства, Кабінет Міністрів України прийняв рішення про утворення Міністерства регіонального розвитку та будівництва України та Міністерства з питань житлово-комунального господарства України. Ця ініціатива базується на Постанові від 1 березня 2007р. N323 і передбачає реорганізацію Міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України.

У 2008 році в Україні було зведено свій перший екобудинок з пасивним дизайном, який отримав назву "Дім Сонця". Цей житловий об'єкт вже фігурує в базі даних Інституту Пасивного Будинку у місті Дармштадт як "Пасивний житловий будинок в Києві" [7].

У червні 2017 року Верховна Рада України прийняла законопроект про Фонд енергоефективності України, спрямований на підтримку ініціатив у сфері енергоефективності та впровадження заходів для стимулювання та підтримки підвищення рівня енергетичної ефективності будівель та енергозбереження. У грудні 2018 року Європейський союз виділив 54 мільйони євро на реалізацію робіт Фонду енергоефективності, що свідчить про прогрес реформи у сфері енергоефективності.

Було встановлено, що основними принципами при проектуванні енергоефективного «пасивного» будинку є:
– створення безперервного теплоізоляційного конверту, що оточує

«пасивний» будинок, для мінімізації втрат тепла через зовнішні поверхні будівлі;

– додатково до теплоізоляційного конверту, важливо використовувати герметичний шар, оскільки більшість теплоізоляційних матеріалів не є герметичними;

– ефективне впровадження заходів для мінімізації теплових містків також є надзвичайно важливим;

– розроблення окремого методу, який визначає «планування конструкцій без теплових містків» та є підтвердженням важливості цього аспекту проектування.

Зокрема, важливим принципом для ефективної енергозбереження є саме використання теплоізоляції, а не акумулювання тепла. Високий рівень теплоізоляції завжди демонструє свою ефективність. Технологія пасивного будинку включає в себе ефективну теплоізоляцію всіх поверхонь, які обмежують простір будинку, не обмежуючись лише стінами. Це включає підлоги, стелі, горища, підвали та фундамент. У пасивних будинках застосовуються кілька шарів теплоізоляції, як внутрішні, так і зовнішні, що дозволяє утримувати тепло всередині будівлі та уникати проникнення холоду. Також важливо виконувати заходи для усунення містків холоду в огорожувальних конструкціях. У результаті пасивних будинків втрати тепла через огорожувальні поверхні обмежуються до 15 кВт·год на 1м² опалювальної площі щорічно та відповідно до кліматичних умов Центральної Європи, що практично в 20 разів менше, ніж у звичайних будинках.

Однією з ключових задач при розробці «пасивних» будинків є досягнення високого рівня герметичності будівлі та усунення «містків холоду». Отже, ефективне зменшення втрат тепла виявляється вирішальним для забезпечення низьких потреб у енергії. У цьому контексті велику роль відіграють вікна, які повинні стати ключовим елементом герметичної конструкції будинку та володіти мінімальним коефіцієнтом теплопровідності.

Вікна пасивного будинку мають три основні особливості:

- потрійне скління з двома низькоемісійними покриттями та заповненням інертним газом або його аналогами, наприклад, вікна з двома втулками з подвійним склінням у кожній;
- теплоізольоване з'єднання скління з віконною рамою, використання спеціальних дистанційних рамок по краях склопакетів тобто «теплий край»;
- теплоізольовані віконні рами.

Згідно з європейськими стандартами (EN 10077), коефіцієнт теплопровідності для теплих вікон повинен бути менше $0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ або R_0 близько $1,25 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$. Це сприяє значному зменшенню тепловтрат через вікна, забезпечуючи комфорт та високу теплову ефективність. При цьому вікна, спрямовані на південь та приносять більше тепла, ніж втрачають.

Окрім суперізольованих вікон, пасивний будинок також вимагає дверей з відповідними коефіцієнтами теплопровідності. Двері повинні забезпечувати високу температуру поверхні для збереження тепла від сонячних променів і запобігання витоку холодного повітря в приміщення. При розробці дверей для пасивних будинків слід досягти середнього коефіцієнту теплопровідності U -значення не більше $0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ згідно з EN 10077.

Архітектурний проект "пасивного" будинку націлений на забезпечення мінімального коефіцієнта тепловтрат, який досягається через раціональне проектування. Це включає компактність форми будівлі, таку як квадрат зі зрізаними кутами та двосхилий дах під кутом 45 градусів, а також використання якісних матеріалів для утеплення огорожувальних поверхонь. Важливим аспектом є правильне розташування світло- і теплопропускних поверхонь, таких як вікна. Буферні зони (техприміщення та комор) забезпечують пасивний захист „теплих” житлових приміщень з півночі (рис. 3.2). Як видно з розрізу (рис. 3.2), будівля чудово вписується в саму компактну фігуру (кулю), де над землею знаходиться тільки половина фігури, таке співвідношення обсягу будівлі до площі огорожувальних поверхонь є найоптимальнішим .



Рисунок 3.1 – Перший «пасивний» будинок в Україні, м.Київ, 2008 р. [7]

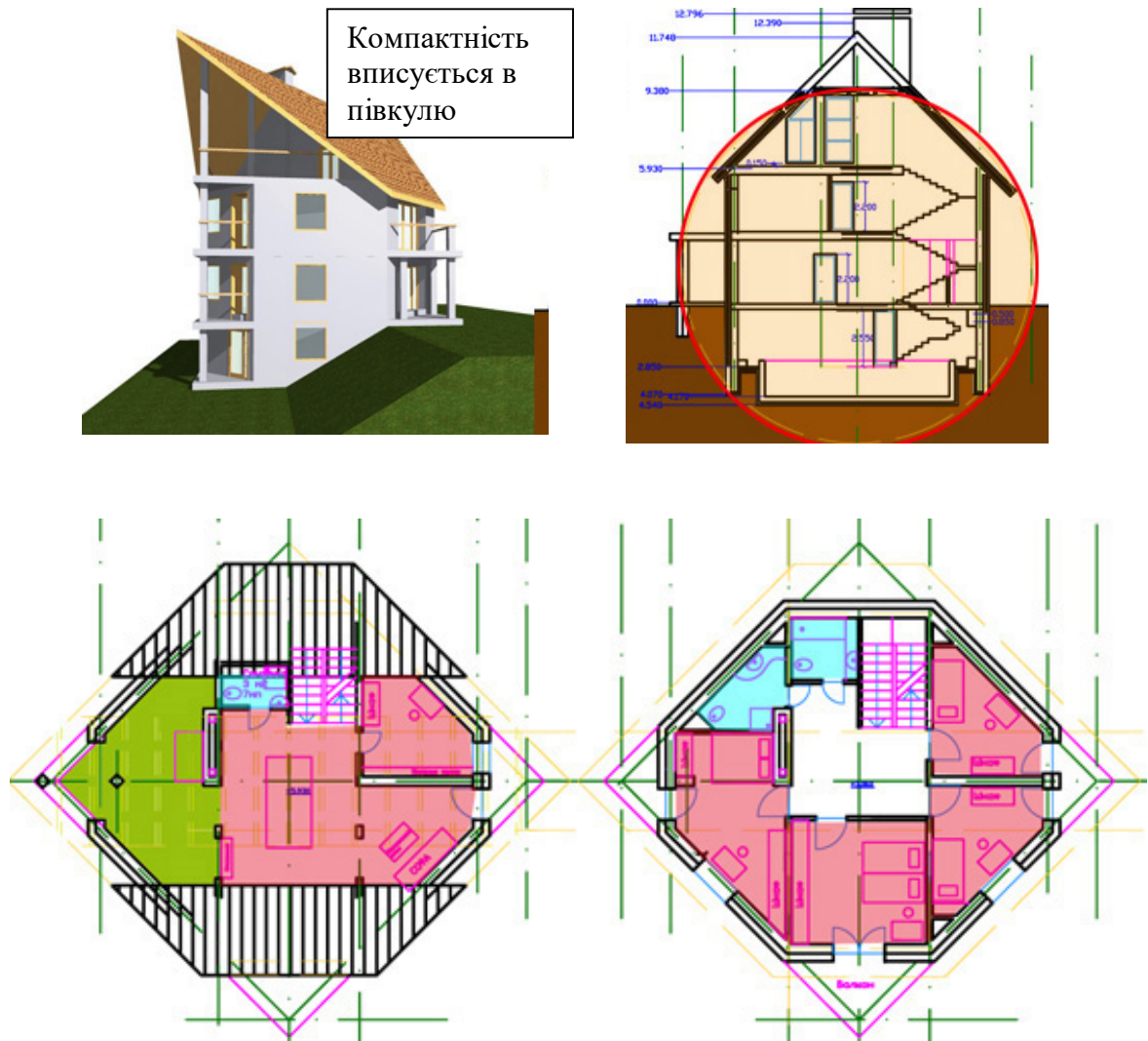


Рисунок 3.2 – Проєкт «пасивного» будинку з компактною формою

Приміщення цокольного поверху: Техприміщення, басейн із сауною, кімнатою відпочинку та з/в.

Приміщення першого поверху: Хол, кухня-їдальня, комора, камінний зал-вітальня, гостьова з/в, пральня + прасувальня + сушіння, житлова кімната, балкони.

Приміщення другого поверху: камінний зал, 4 житлові кімнати, з/в з ванною, вбиральня, балкони.

Приміщення мансардного поверху: Більярдна, тераса з барбекю, житлова кімната/кабінет, с/в, комора, балкони.

80% всіх зашкленених поверхонь розташовані на південній стороні будівлі та забезпечують пасивний підігрів будівлі низьким зимовим сонцем. Тераси та балкони, у свою чергу, захищають будівлю від літнього перегріву (рис.3.3).



Рисунок 3.3 – Проєкт «пасивного» будинку [6]

Припливно-витяжна вентиляція «пасивного» будинку з рекуператором та пасивним ґрунтовим теплообмінником забезпечує постійний приплив необхідної кількості комфортного (підігрітого або охолодженого) чистого повітря, без виникнення ефекту протягу. Чисте повітря проходить через рекуператор, а також ґрунтовий теплообмінник, розташований на глибині – 2,0–3,2 м під землею навколо будівлі.



Рисунок 3.4 – Укладання ґрунтового теплообмінника вентиляційної системи



Рисунок 3.5 – Фасади «пасивного» будинку

Підігрів та охолодження пасивного будинку передбачені за допомогою глибинного теплового насоса та шість свердловин, каміна з водяною сорочкою та сонячних колекторів, що розташовані на даху, розгорнутого строго на південь та нахиленого під 45 градусів (рис. 3.3) [12].

Опалення та охолодження будівлі відбувається за допомогою системи випромінюючих площин стін та підлоги, що дуже благотвно впливає на здоров'я людини, викликає постійне відчуття комфорту, а також допомагає заощаджувати енергію на опалення/охолодження. Випромінювальні поверхні опалення та охолодження передають тепло/холод безпосередньо хвилями тілу людини, без попереднього підігріву повітря, що набагато корисніше для легень людини, ніж опалення будівлі за допомогою конвективного опалення.

3.2 Впровадження сучасних технологій будівництва «пасивних» екобудинків в помірному кліматі

«Пасивний» екобудинок. Перша частина в цьому словосполученні: «пасивний» – означає пасивність будинку в розумінні Інституту пасивного будинку в Дармштадті, тобто споживання на опалення не більше 15 кВт·год/м² на рік, герметичність та якісне утеплення зовнішньої оболонки будівлі, використання системи вентиляції з рекуперацією, та й насамперед - створення правильної пасивної архітектури, спрямованої на пасивне уловлювання та акумулювання тепла всередині будинку [27].

Друга частина: «еко» – з'явилася завдяки створенню в будинку екологічної, здорової та максимально комфортної атмосфери, яка досягається як за допомогою використання екологічно чистих природних матеріалів у внутрішній обробці будинку, так і завдяки випромінюючій системі опалення або охолодження (замість складуючої, що пересушує та перегріває повітря –

застосовується конвекційні процеси), а також завдяки постійному припливу свіжого (пасивним чином передогрітого або охолодженого) повітря.

При цьому і система опалення, вентиляції та натуральні дифузійно-відкриті матеріали у внутрішній обробці та обстановці будинку забезпечують постійну підтримку в будинку здорової вологості, відсутність емісій у внутрішній простір та комфортність проживання.

Комфортність та здоровість клімату в «пасивному» екодомі забезпечується за рахунок підтримки постійної здорової вологості повітря в діапазоні від 40% до 60% та не постійної температури повітря, яка обов'язково повинна змінюватися залежно від зовнішньої температури. Температура може коливатися протягом року в діапазоні $+18^{\circ}\text{C}$ до $+30^{\circ}\text{C}$. Цей пункт дуже важливий, інакше людина житиме як у теплиці, в повністю штучних умовах, без так необхідних людині змін та зв'язку з навколишнім середовищем.

Так, взимку комфортною та здоровою температурою повітря в приміщенні є температура на рівні $+18^{\circ}\text{C}$, у перехідний період $+20^{\circ}\text{C}$. Ближче до літа вже $+24^{\circ}\text{C}$, а в літню спеку при $+38^{\circ}\text{C}$ на вулиці - повітря і в приміщенні має бути теж вищим і його температура може підніматися аж до $+30^{\circ}\text{C}$ [19].

При цьому, слід розуміти, що йдеться саме про здорову температуру повітря [14], а комфорт проживання досягається за рахунок зміни температур твердих тіл навколо людини, тобто "темперування стін"). Так взимку стіни в екодомі випромінюють тепло $+28^{\circ}\text{C}$, у перехідний період $+25^{\circ}\text{C}$, а влітку вже лише $+22^{\circ}\text{C}$. Таким чином досягається комфорт відчуттів та здорова атмосфера у пасивному екодомі: влітку, при температурі повітря $+30^{\circ}\text{C}$, але холодних стінах $+22^{\circ}\text{C}$ людині прохолодно та приємно, незважаючи на досить високу температуру повітря.

Те саме відбувається і взимку, адже температура саме повітря не є основною у відчутті теплового комфорту: тому при $+18^{\circ}\text{C}$ та постійно свіжого повітря в приміщенні, але постійних $+28^{\circ}\text{C}$, які випромінюються стінами навколо людини – то будуть чудові відчуття, людині тепло, а

повітря, яким він дихає, залишається досить вологим і прохолодним, тобто здоровим для легень людини.

Пасивний екобудинок – це економний, комфортний і водночас здоровий будинок.

Саме тому «пасивний» екобудинок дійсно максимально наближений до натурального клімату, де помічають та відчують власним тілом зміни, які відбуваються у навколишньому середовищі.

Розглянемо проєкт сучасного «пасивного» екобудинку з басейном, домашнім кінотеатром, гаражем та багаторівневою ігровою для дітей на мансарді.

Загальна площа: 412 м², житлова площа: 261 м².

Ділянка під будівництво має 5,5 соток та знаходиться у м.Одеса. Він має легкий нахил у бік південного сходу, оточений глухим парканом сусідів і не затінений з південного боку. Тому будинок зрушений до вулиці (північно-західна сторона), а з півночі "прихований" буфером гаража та підсобних приміщень. Таким чином південно-східна сторона ділянки (садок та двір) виявилася повністю захищеною.

Будинок розміщується на невеликій міській ділянці та дуже компактний. У плані житловий будинок наближений до квадрата зі стороною 11,5м. З півночі до нього прибудований "холодний" гараж та комора садових інструментів.

Будинок розгорнутий по сторонах невеликої ділянки, а його дах із сонячними колекторами та внутрішнє планування, як і зріз фасаду - внутрішність будинку, що відкриває, сонцю і світлу, повертаються на чистий південь.

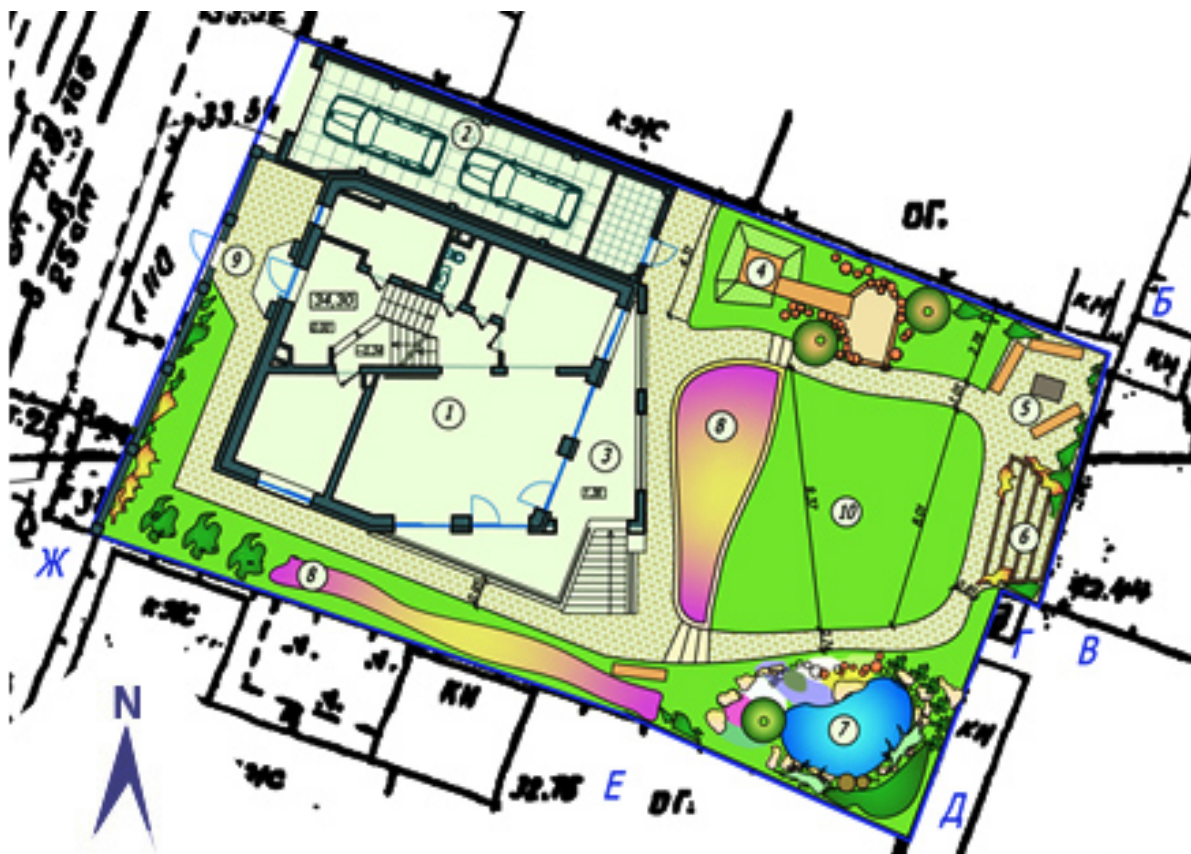


Рисунок 3.6 – Генплан



а)

б)

в)

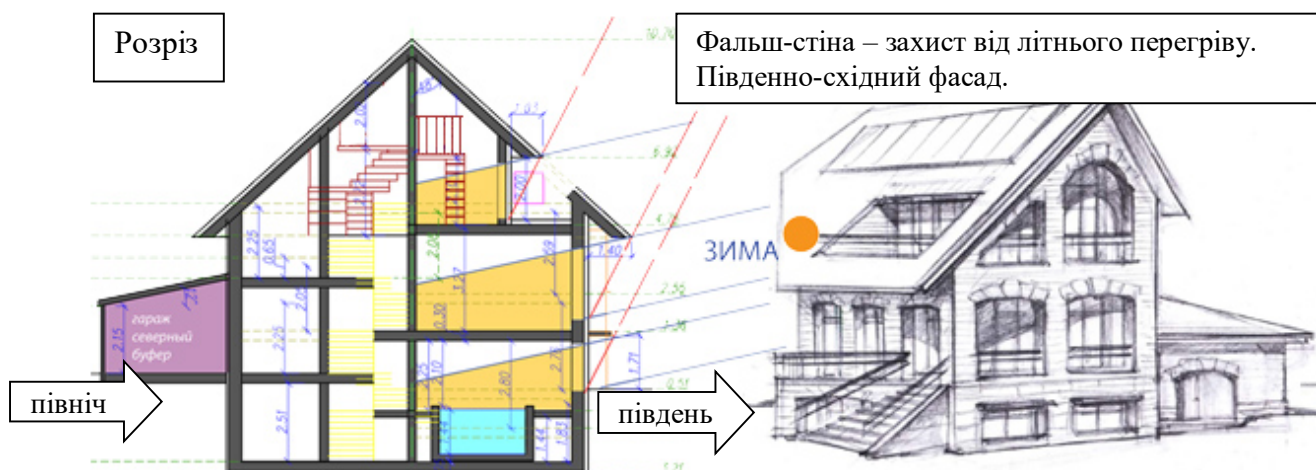
Рисунок 3.7 – Плани «пасивного» екобудинку:

а) перший поверх; б) цокольний поверх; в) другий поверх

Цокольний поверх має техприміщення, басейн та домашній кінотеатр.

На першому поверсі розміщується простора вітальня зі їдальнею та кухнею, кабінет та кімната кішки.

Другий поверх - житловий, тут знаходяться спальня батьків, дитячі кімнати, багаторівнева дитяча ігрова, а також с/в та пральні-прасувальна.



Розріз «пасивного» екобудинку



Західний фасад «пасивного» екобудинку



Рисунок 3.10 – Фасады «пассивного» экобудинку

Плюс технології будівництва «пасивного» будинку полягає в тому, що вся несуча конструкція будинку назавжди залишається в "теплій" зоні, тобто за тепловим бар'єром з досить широкого шару утеплювача. На бетонну підготовку, як розділовий шар, укладається геотекстиль і шар руберойду, на якій, у свою чергу, клеїться теплоізоляція: спінене скло.

Завдяки цьому немає необхідності, як це заведено у вітчизняному будівництві, "вистоювати" фундамент цілу зиму для того, щоб він пройшов кілька циклів замерзання-розморожування та остаточно вистоявся.

На "теплій" фундамент «пасивного» будинку можна починати зводити стіни безпосередньо після схоплювання бетону, тобто вже через 4-5 днів після його заливання [10].



Рисунок 3.11 – Технологія будівництва «пасивного» екобудинку

3.3 «Пасивний» будинок у стилі органічної архітектури

Проект «пасивного» екобудинка у стилі органічної архітектури де замовник хотів мати будинок, у якому все основне життя проходить в одному рівні – на першому поверсі. Ніхто з домочадців не бажав підніматися на другий поверх. Другою умовою була – відсутність коридорів. Все життя в будинку має відбуватися "в" і "навколо" основної високої та світлої, зверненої прямо на південь житлової кімнати з їдальнею, м'яким куточком і фортепіано.

Таким чином, проект «пасивного» екобудинка вийшов на 1,5 поверху і досить "розпластаний" по землі. Високий перший "житловий" поверх + невелика мансарда з обох боків від центральної житлової кімнати. Світлий та просторий балкончик зі сходами пов'язують другий "додатковий" рівень із першим – житловим поверхом.

Дах з очерету та дерев'яні розпірки-крокви прикрасили будинок зовні, надавши йому ще більш "органічний" вигляд і додавши відчуття стилю "кантрі".



Рисунок 3.12 – Генплан ділянки будівництва «пасивного» будинку

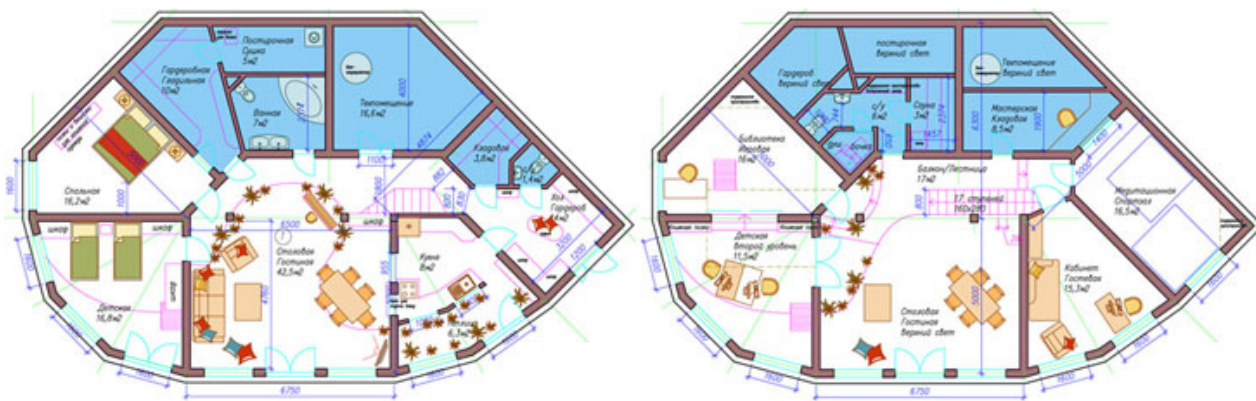


Рисунок 3.13 – Плани «пасивного» екобудинка

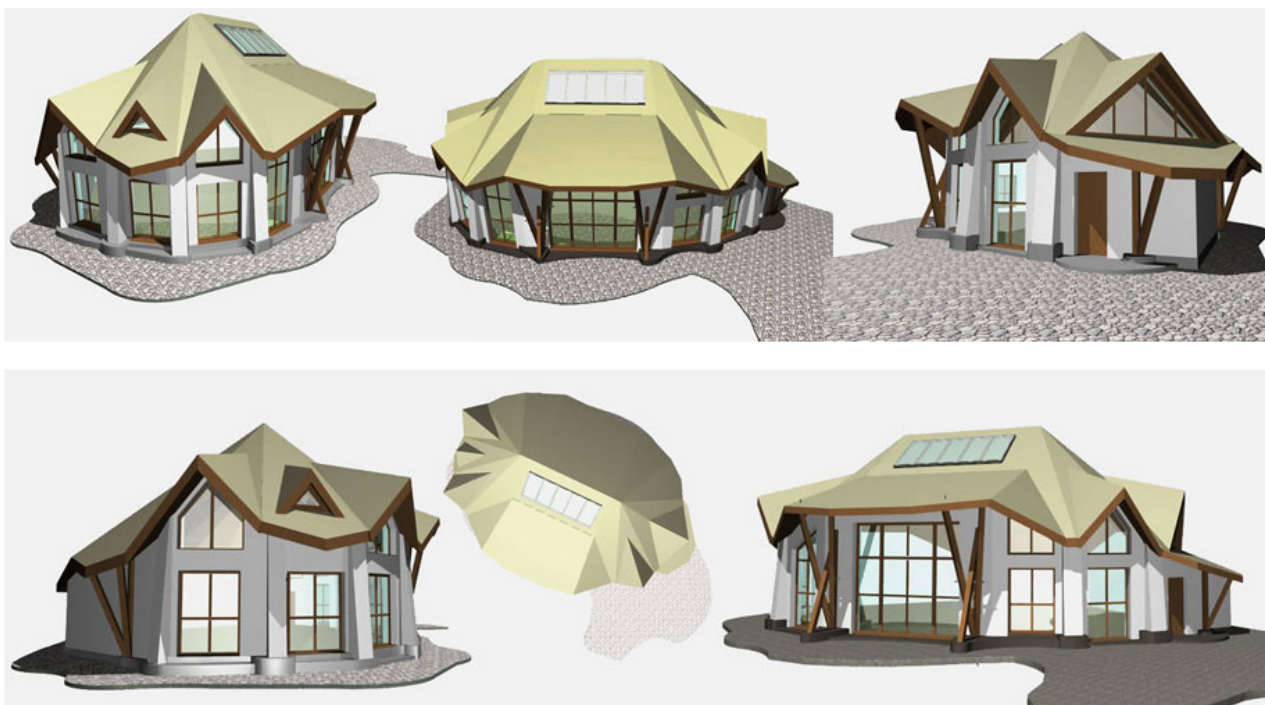


Рисунок 3.14 – Фасади «пасивного» екобудинка

В цьому проєкті були виконані наступні будівельні роботи:

- розробка котловану та траншеї під зовнішні комунікації – ґрунтовий теплообмінник вентиляційної системи (рис. 3.15);
- заливка фундаментних стовпчиків під зовнішні опори та укладання геотекстилю (рис. 3.15);

- пошарове утрамбування щебеневої подушки під фундаментну плиту (рис. 3.16) ;
- виведення комунікацій: повітряний ґрунтовий теплообмінник, каналізація, водопровід, труби ґрунтового контуру теплового насоса (рис. 3.16);
- заливка бетонної підготовки з тонкого бетону (рис. 3.16);
- укладання рулонної бітумної гідроізоляції (рис. 3.17);
- поклейка піноскла (рис. 3.17);
- фундаментна плита, залита по шару утеплювача – спінене скло, (рис. 3.17).
- влаштування випусків арматури для влаштування з/б колон;
- монтаж каркасу будівлі (рис. 3.18);
- утеплення стін плитами спіненого скла у 2 шари (рис. 3.18);
- укладання очеретяного покриття на покрівлю (рис. 3.18).

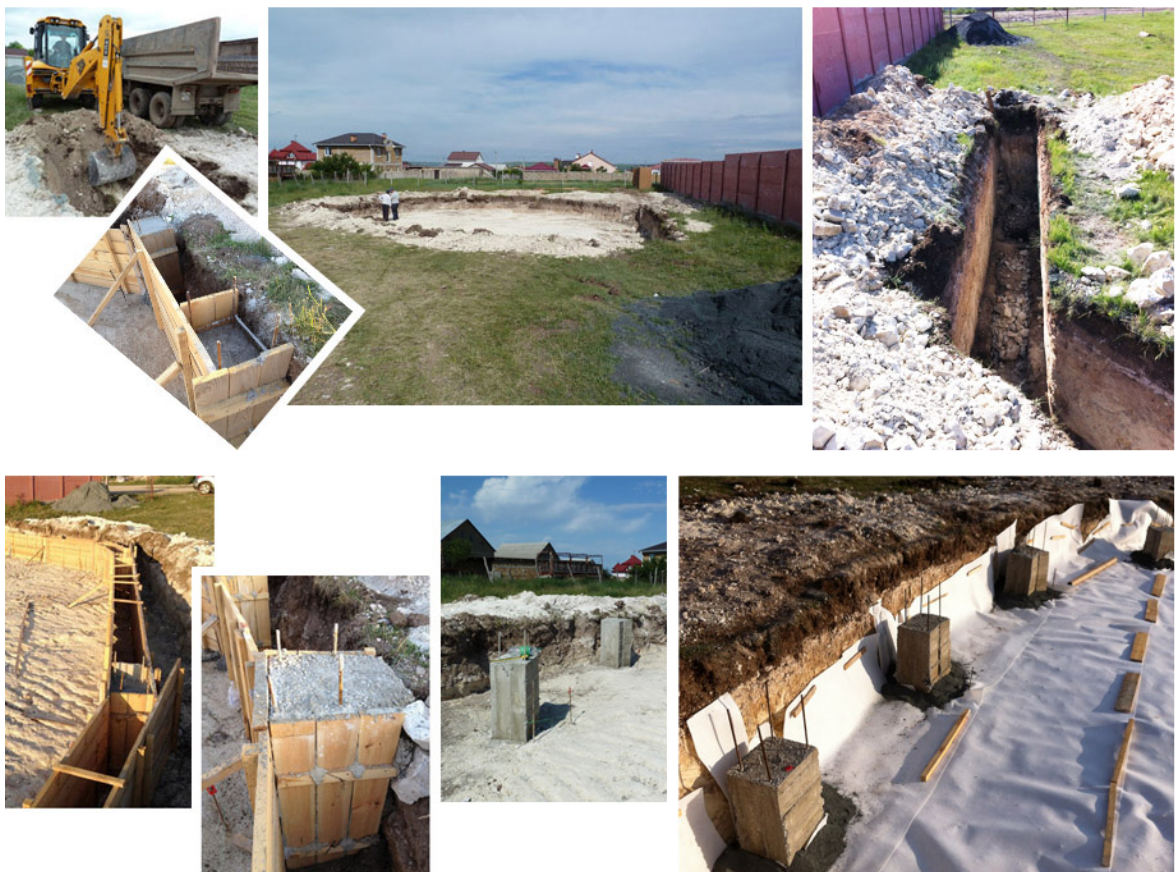


Рисунок 3.15 – Будівельні роботи при влаштуванні «пасивного» екобудинка

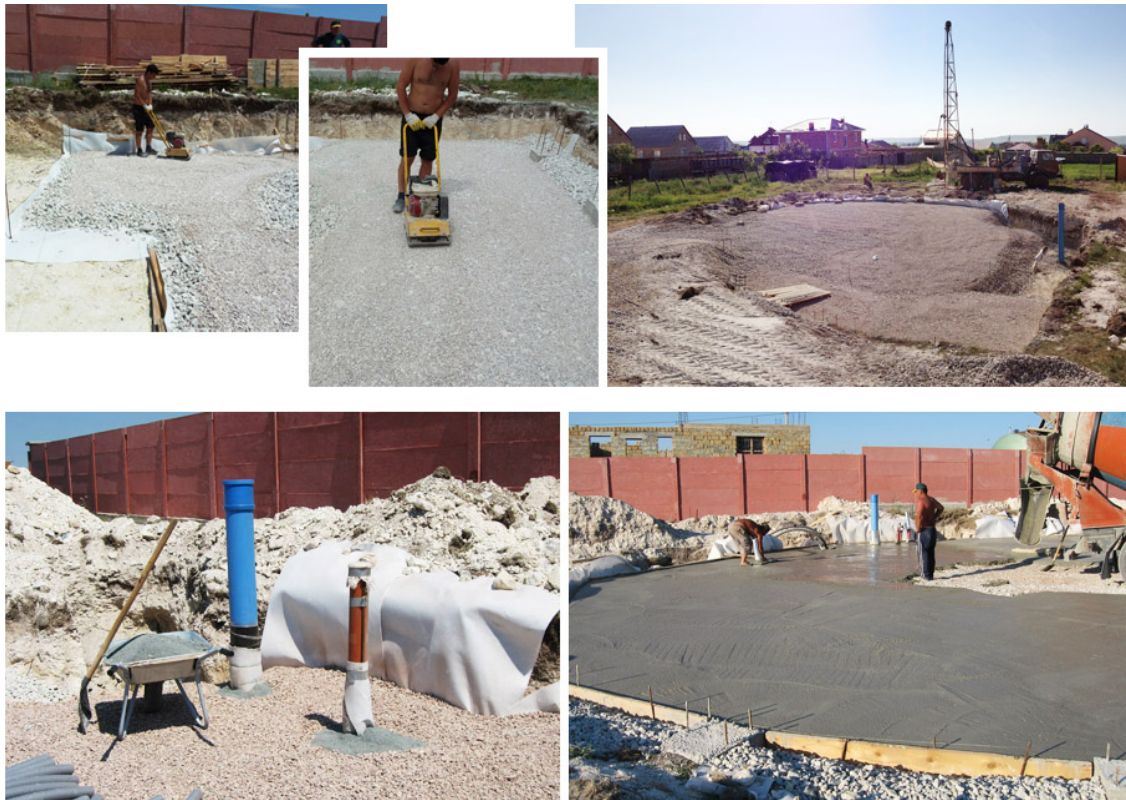


Рисунок 3.16 – Будівельні роботи при влаштуванні «пасивного» екобудинка



Рисунок 3.17 – Будівельні роботи при влаштуванні «пасивного» екобудинка



Рисунок 3.18 – Будівельні роботи при влаштуванні «пасивного» екобудинка

- герметичний монтаж енергозберігаючих вікон та дверей – зсередини плівка, зовні – демферна стрічка (рис. 3.19);
- улаштування септика (рис. 3.19);
- зовнішні оздоблювальні роботи: оздоблення фасаду, штукатурка, підшивка нижньої поверхні покрівлі (рис. 3.19);
- монтаж сонячних колекторів на даху будівлі (рис. 3.20) [7].



Рисунок 3.19 – Герметичний монтаж енергозберігаючих вікон та дверей



Рисунок 3.20 – Монтаж сонячних колекторів на даху будівлі



Рисунок 3.21 – «Пасивний» будинок у стилі органічної архітектури

ВИСНОВКИ

1. «Пасивні» будинки відзначаються високою енергоефективністю та низьким споживанням енергії. Основною ідеєю їхнього проектування є максимальне використання природних ресурсів для регулювання температури та освітленості.

2. «Пасивні» будинки являють собою комплекс досить складних архітектурно-планувальних рішень та прогресивних технологій. Купити готовий будинок й зробити з нього пасивний повною мірою неможливо. Можна лише підвищити ефективність окремих його параметрів. Будівництво будинків, проекти яких враховують принципи сонячної архітектури, із забезпеченням виняткової якості огорожувальних конструкцій можна назвати енергоефективним. Однак пасивними такі будинки не є. Їх потреба в електроенергії знизиться в порівнянні зі звичайним будинком у 2-3 рази і складе приблизно $60 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$, тоді як у пасивних будинків цей показник не повинен перевищувати $15 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$. Оцінивши виправданість заходів енергоефективності в процесі експлуатації, можна продовжити підвищувати її ступінь.

3. Пасивне будівництво представляє собою інноваційний підхід до створення енергоефективних та екологічно чистих будівель. Його основні принципи, такі як ефективна ізоляція, герметичність, використання сонячної енергії та інші, визначають новий стандарт сталого будівництва, спрямованого на зменшення енергоспоживання та впливу на довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Adamson, B. "Passive Climatisation of Residential Buildings in China", Lund University, Report TABK-92/3006 (1992)
2. Korsgaard et al 1978] DTH-Nul-Energihus; Technical University of Denmark, 1978 <https://passivehouse-igua.com/passive-house/history-and-world-experience-of-passive-houses/>
3. Н. Hörster (Hrsg.): Wege zum energiesparenden Wohnhaus; Hamburg, 1980 [Lovins 1978] Lovins, A. & H.: Sanfte Energie, Hamburg 1978
4. Будівництва першого Пасивного Будинку. Режим доступу: <http://eco-bud.com/cikavinki/vse-pro-pasivnijj-budinok.html>
5. Інститут пасивного будинку. Режим доступу: <http://passivehouse.com/index.html>.
6. Офіційна база даних «пасивних будинків». Режим доступу: http://www.passiv.de/PASSIV_HAUS_INSTITUT_Dr._Wolfgang_Feist
7. Пасивний будинок на території України. Режим доступу: <http://cikavosti.com/budivnitstvo-budinku-yakiy-material-krashhe/>
8. Матеріали для будівництва будинку. Режим доступу: http://www.ernst.kiev.ua/Passiv-Haus_ru.html#Anfang
9. Сайт NASA. Режим доступу: <https://www.nasa.gov>
1. Feist W. Das kostengünstige Passivhaus — Proektbeschreibung / W. Feist //Arbeitskreis kostengünstige Passivhäuser. Protokollband № 1. Darmstadt, 1996. S. 9–21.
10. Пасивні будинки та їх принципи проектування [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <https://avenston.com/articles/passive-houses/>.
11. «Пасивний будинок»: архітектурний аспект [Електронний ресурс] Режим доступу до ресурсу: <http://www.osobnyak.com.ua/spip.php?article302>
12. Рівень теплоізоляції «Пасивних Будинків» [Електронний ресурс]

Режим доступу до ресурсу: <https://passivehouse-igua.com/passive-house/the-level-of-insulation-passive-houses/>.

13. Буравченко С. Г. Аналіз підвищення енергоефективності на основі розрахункових досліджень моделей малоповерхових будинків / С. Г. Буравченко// Енергоефективність в будівництві та архітектурі. 2013. Вип. 4. С. 31-35.

Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/enef_2013_4_7

14. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції.

15. Плоский В.О. Архітектура будівель та споруд. Книга 2. Житлові будинки: Підручник / В.О. Плоский, Г.В. Гетун Камянець-Подільський : Рута, 2017. 736 с.

16. ДБН В.1.1.7-2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Київ.: Держбуд України, 2017 41 с.

17. ДСТУ Б А.2.4-7-2009. Система проектної документації для будівництва. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень введ. 24-01-2009. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 71 с.

18. ДБН А.2.2-3-2004 Склад, порядок розробки, узгодження та затвердження проектної документації для будівництва Київ: Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2004. 61 с

19. ДБН В.2.2-15-2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Київ : Державний комітет України з будівництва та архітектури, 2019 44с.

20. ДБН В.2.2-40-2018 Інклюзивність будівель та споруд. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 64 с.

21. ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 123 с.

22. ДБН В.1.2-2-2006 (зі змінами). Система надійності та безпеки в будівництві. Навантаження і впливи. Норми проектування Київ: Держбуд, 2007. 70 с.

23. ДБН В.2.6-98-2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. 71 с.

24. Енергоефективний житловий будинок: навчальний посібник / Т.О. Кащенко, О.М. Малишев, Ю.В. Козак, та ін. Київ. «Фенікс», 2021. 116 с.

25. Тимофєєв М.В. Комплексна оцінка кліматичних умов житлової забудови / М.В. Тимофєєв, О.В. Сергейчук, Г.В. Шамріна: навчальний посібник. Київ, КНУБА, 2015.

26. ДСТУ EN ISO 11855-1:2017 (EN ISO 11855-1:2015, IDT; ISO 11855-1:2012, IDT) Проектування будівель. Проектування, визначення габаритних розмірів, монтування та регулювання вбудованих систем опалення та охолодження. Частина 1. Визначення, умовні позначення та критерії комфорту.

27. В. А. Лісенко, В. Г. Суханов, Ю. О. Загорчємний, С. Є. Верьовкіна Архітектурноконструктивні енергоефективні оболонки будівель та споруд. Одеса: «Optimum», 2015. 254 с

28. В. І. Дешко, Н. А. Буяк, І. О. Суходуб. Сучасні вимоги щодо теплового комфорту у будівлях. ІЕЕ, КПІ ім. Ігоря Сікорського. 2018. С.32.

ДСТУ В.2.2-21:2008 Будинки і споруди. Метод визначення питомих тепловитрат на опалення будинків. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 32 с.

29. ДСТУ Б В.2.6-35:2008 Будинки і споруди. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляваним повітряним прошарком. Загальні технічні умови. Київ: Мінрегіонбуд України, 2008. 51 с.

30. ДСТУ Б В.2.6 34:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Класифікація і загальні технічні умови. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 18 с.

31. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. 140 с.

32. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції. Київ: ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК) : 2008. 42 с.

33. Енергетична галузь України: підсумки 2016 року / К. Маркевич, А. Чернова, Г. Пашкова, Т. Овсяник // Центр Разумкова. Київ: Видавництво «Заповіт», 2017. 164 с.

34. ДСТУ-Н Б А.2.2-13:2015 "Енергетична ефективність будівель. Настанова з проведення енергетичної оцінки будівель" Київ, Мінрегіон України, 2022, 29 с.

35. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ, Мінрегіон України, 2022, 24 с.

36. EN 15242:2007, Ventilation for buildings - Calculation methods for the determination of air flow rates in buildings including infiltration (Вентиляція будівель. Розрахункові методи оцінки величини повітряного потоку в будівлю, включаючи інфільтрацію)

37. EN 15265, Thermal performance of buildings-Calculation of energy use for space heating and cooling - General criteria and validation procedures (Теплове виконання будівель. Розрахунок енергії для опалення та охолодження приміщень. Загальні критерії і процедури перевірки)

38. EN 15315:2005, Heating systems in buildings - Energy performance of buildings - Overall energy use, primary energy and CO₂ emissions (Системи теплозабезпечення будівель. Енергоефективність будівель. Використання первинної енергії та викиди CO₂)

39. Ulbrich R. Audyt energetyczny a dom energooszczędny. Opole, 2001. 141 s.

ВІДГУК

керівника кваліфікаційної роботи
другого (магістерського) рівня вищої освіти,
виконаної на тему ««Пасивний» будинок в умовах помірного клімату»
здобувачем групи 8.1922-мопа

Клювак Романом Володимировичем

(П.І.Б. здобувача у орудному відмінку)

Актуальність дослідження. Актуальність дослідження "пасивного" будівництва очевидна в контексті сучасних викликів, пов'язаних з енергоефективністю та збереженням довкілля. Цей підхід до будівництва сприяє не лише зменшенню впливу будівель на екосистему, але й створює комфортні та економічно вигідні умови для життя та розвитку суспільства. Дослідження у галузі "пасивного" будівництва має потенціал вдосконалення існуючих технологій та розробки нових підходів, що сприятимуть створенню сталих та більш стійких будівель майбутнього.

Відповідність виконаної кваліфікаційної роботи завданню. Кваліфікаційна робота на тему: ««Пасивний» будинок в умовах помірного клімату» повністю відповідає завданню.

Ефективність використаних методик. Запропоновані в кваліфікаційній роботі науково-практичні рішення мають глибоке обґрунтування, повнота розкриття теми та наявність багатоваріантності доводять ефективність використаних методик досліджень.

Рівень застосування здобутих у процесі навчання теоретичних знань та підготовки до виконання наукових досліджень. Коректно використані наукові методи для аналізу проблем та обґрунтування рішень з теми предмета професійної діяльності. Рівень застосування здобутих у процесі навчання теоретичних знань та підготовки здобувача другого рівня вищої освіти відповідає прийнятим вимогам.

Вміння логічно, послідовно та аргументовано викладати матеріал і робити висновки. Кваліфікаційна робота викладена послідовно, три розділи логічно взаємопов'язані між собою та підтверджені аргументованими матеріалами.

Кожен розділ має чітко визначені завдання та допомагає досягти загальної мети дослідження. Висновки є послідовними та аргументованими, відображають основні дослідження та результати кваліфікаційної роботи.

Вміння самостійно вирішувати практичні та наукові задачі. Наукова робота виконана автором самостійно на достатньо професійному рівні, вирішує практичні та наукові задачі є творчою й оригінальною.

Не виявлення (виявлення) в роботі елементів плагіату та компіляції.
Елементи плагіату у кваліфікаційній роботі не виявлені.

Недоліки в роботі (у разі необхідності). Рекомендовано докладніше висвітлити питання, пов'язані з реалізацією деяких концепцій, щоб зрозуміти практичний аспект вашого дослідження. Взагалі, це вже високоякісна робота, і ці маленькі коригування покращать її в цілому.

Загальні оцінки виконаної кваліфікаційної роботи, відповідності якості підготовки здобувача вищої освіти вимогам ОПП і можливості присвоєння йому відповідної кваліфікації; інші питання, які характеризують професійні якості здобувача вищої освіти.

Кваліфікаційна робота є вражаючим дослідженням, яке відзначається своєю важливістю та високим рівнем виконання. Його цінність полягає в новаторстві підходів та глибокому аналізі, що робить його значущим внеском у галузь архітектури та будівництва.

Кваліфікаційна робота здобувача другого рівня вищої освіти Клювака Романа Володимировича на тему: «Пасивний» будинок в умовах помірного клімату» за актуальністю, обсягом виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичним значенням відповідає спеціальності 192 - Будівництво та цивільна інженерія (галузь знань 19 - Архітектура та будівництво) та вимогам ОПП «Містобудування та об'ємно-просторова архітектура»

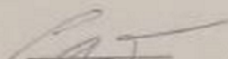
Елементи плагіату у кваліфікаційній роботі не виявлені.

Кваліфікаційна робота другого рівня вищої освіти виконана у повному обсязі, відповідає встановленим вимогам і заслуговує позитивної оцінки, а її автору, Клюваку Роману Володимировичу, може бути присвоєна кваліфікація магістра з будівництва та цивільної інженерії.

Кількість балів за шкалою ECTS 96 (відмінно)
(1-2 – "задовільно", 3-4 – "добре", 5 – "відмінно")

Керівник кваліфікаційної роботи

кандидат архітектури, доцент
(науковий ступінь, посада)


(підпис)

Сазонова О.Ю.
(ініціали, прізвище)

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу
другого (магістерського) рівня вищої освіти,
виконаної на тему ««Пасивний» будинок в умовах помірною клімату»
здобувачем групи 8.1922-мопа

Клювак Романом Володимировичем

(П.І.Б. здобувача у орудному відмінку)

Актуальності постановки і розроблення завдань. Актуальність дослідження "пасивного" будівництва очевидна в контексті сучасних викликів, пов'язаних з енергоефективністю та збереженням довкілля. Цей підхід до будівництва сприяє не лише зменшенню впливу будівель на екосистему, але й створює комфортні та економічно вигідні умови для життя та розвитку суспільства. Дослідження у галузі "пасивного" будівництва має потенціал вдосконалення існуючих технологій та розробки нових підходів, що сприятимуть створенню сталих та більш стійких будівель майбутнього. Кваліфікаційна робота вирізняється актуальністю теми має аналітичний підхід та інноваційні рішення.

Обґрунтованості висновків та пропозицій. Кваліфікаційна робота виконана на високому науковому рівні, вивчення даної проблеми є широко виваженою, застосовані загальнонаукові методи досліджень, наявні елементи наукової новизни. Висновки є обґрунтованими та послідовними, відображають основні результати кваліфікаційної роботи.

Використання наукових методів дослідження. Під час дослідження теми були використані наукові статті в періодичних виданнях, монографії, дисертаційні рукописи, збірки тез доповідей науково-практичних конференцій, інтернет-ресурси наукових електронних бібліотек.

Вміння студента чітко, грамотно і аргументовано викладати матеріал, правильно оформлювати його. Кваліфікаційна робота виконана послідовно, тема розкрита повністю, розділи пов'язані між собою, застосовані комп'ютерні технології, матеріал чіткий та має наукову стилістику, оформлення технічно грамотно.

Участі студента у проведених дослідженнях, теоретичній та аналітичній обробці отриманих результатів. Магістрат Клювак Роман Володимирович активно приймав участь у проведених дослідженнях, теоретичній та аналітичній обробці отриманих результатів. Запропоновані в кваліфікаційній роботі науково-практичні рішення мають глибоке обґрунтування, повнота розкриття теми та наявність багатоваріантності доводять ефективність використаних методик досліджень.

Якість виконання. Кваліфікаційна робота викладена послідовно, три розділи логічно взаємопов'язані між собою та підтверджені аргументованими матеріалами. Кожен розділ має чітко визначені завдання та допомагає досягти загальної мети дослідження. Висновки є послідовними та аргументованими, відображають основні дослідження та результати кваліфікаційної роботи.

Не виявлення (виявлення) в роботі елементів плагіату та компіляції. Елементи плагіату у кваліфікаційній роботі не виявлені.

Можливості впровадження результатів роботи. Результати роботи мають практичну значимість, результати відповідають високому рівню реальності, пропозиції мають перспективний характер. За темою роботи опубліковані тези доповіді у науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів та викладачів.

Недоліки роботи. Бажано було б розширити інформацію у третьому розділі щодо питання пов'язаного з реалізацією деяких концепцій «пасивного» будівництва у складних умовах будівництва. Але це зауваження суттєво не впливає на загальну якість виконання кваліфікаційної роботи.

Оцінки кваліфікаційної роботи і можливості присвоєння здобувачу вищої освіти відповідної кваліфікації.

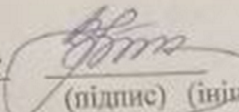
Кваліфікаційна робота здобувача другого рівня вищої освіти Клювака Романа Володимировича на тему: «Пасивний» будинок в умовах помірного клімату» за актуальністю, обсягом виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичним значенням відповідає спеціальності 192 - Будівництво та цивільна інженерія (галузь знань 19 - Архітектура та будівництво) та вимогам ОПП «Містобудування та об'ємно-просторова архітектура».

Кваліфікаційна робота виконана на високому рівні і заслуговує оцінки відмінно. Кваліфікаційна робота другого рівня вищої освіти виконана у повному обсязі, відповідає встановленим вимогам і заслуговує позитивної оцінки, а її автору Клювак Роману Володимировичу, може бути присвоєна кваліфікація магістра з будівництва та цивільної інженерії.

Елементи плагіату у кваліфікаційній роботі не виявлені.

Кількість балів за шкалою ECTS B відмінно A

Рецензент кваліфікаційної роботи
професор кафедри промислового
та цивільного будівництва, докт. техн. наук
(науковий ступінь, посада)


(підпис) (ініціали, прізвище)

В. А. Банач