МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ

Кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
за освітньо-кваліфікаційним рівнем бакалавр

«Дослідження особливостей теплопостачання пасивного будинку»

Виконав: студент 4 курсу, групи НФ-42
Спеціальність:
«Прикладна фізика та наноматеріали»

Сергієнко Олександр Андрійович
Керівник: к.т.н., доцент Казарова І.О.

Рецензент:

Харків – 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

ННІ Комп'ютерної фізики та енергетики
Кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр
Спеціальність 105 — прикладна фізика та наноматеріали

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Ю.М. Мацевитий**
підпис ініціали, прізвище

"____" _____20___року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Сергієнку Олександру Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи «Дослідження особливостей теплопостачання пасивного будинку»

керівник роботи____Казарова Інна Олександрівна, к.т.н., доц._____.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від "___"_____20__року №___

2. Строк подання студентом роботи_____

3. Перелік питань, які потрібно розробити

Критерії енергозберігаючих будинків.

Енергозбереження в пасивному будинку за допомогою планувальних та конструктивних рішень.

Відновлювана енергетика в системах теплопостачання пасивного будинку.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1.	Вибір теми, узгодження, закріплення за кафедрою
2.	Робота над літературою та іншими джерелами
3.	Затвердження теми на кафедрі
4.	Написання вступу до роботи та першого розділу
5.	Написання другого розділу
6.	Написання третього розділу
7.	Завершення написання дипломної роботи (висновки та література)
8.	Подача науковому керівнику, доробка з урахуванням зауважень
9.	Відгук, рецензія, підготовка до захисту
10.	Попередній захист на кафедрі
11.	Захист

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ О.А. Сергієнко

Керівник роботи _____ І.О. Казарова

РЕФЕРАТ

В даний час найбільш актуальне питання пов'язане з енергоспоживанням в житлових та громадських будівлях. Основним завданням сьогодні є будівництво нових утеплених будівель, які будуть економити енергоресурси, а також реконструкція старого житлового фонду з використанням сучасних енергоефективних матеріалів.

Через погану теплоізоляцію, застарілі комунікації - системи опалення та пов'язані з ними технічні споруди, а також відсутність енергоефективного обладнання - більшість будівель являють собою не ефективну конструкцію, яка обходиться занадто дорого для споживача. Саме це і будо основним передумовою для появлення проекту пасивного будинку.

Данна робота містить: 53 сторінки, 10 малюнків, 1 таблиця, 30 джерел.

Ключові слова: Пасивний дім, теплоізолюючі матеріали, опалення.

ABSTRACT

Currently, the most pressing issue is related to energy consumption in residential and public buildings. The main task today is the construction of new insulated buildings that will save energy, as well as the reconstruction of the old housing stock using modern energy efficient materials.

Due to poor insulation, outdated communications - heating systems and related technical structures, as well as the lack of energy-efficient equipment - most buildings are inefficient construction, which is too expensive for the consumer. This will be the main prerequisite for the emergence of a passive house project.

This work contains: 53 pages, 10 figures, 1 table, 30 sources.

Key words: Passive house, heat-insulating materials, heating.

ЗМІСТ

Вступ_____6

РОЗДІЛ 1 Критерії енергозберігаючих будинків_____9

1.1 Класифікація будівель за їх рівнем енергоспоживання_____11

РОЗДІЛ 2 Основні теоретичні відомості_____14

2.1 Критерії стандартизації пасивного будинку_____15

2.2 Будинки з позитивним енергобалансом_____16

2.3 Рекуперація повітря_____17

2.4 Об'ємно-планувальні вимоги_____18

2.5 Ландшафтно-планувальні вимоги_____19

2.6 Акумуляція та інженерія_____20

2.7 Механічна вентиляція_____22

2.8 Утилізація теплоти повітря, що видаляється_____23

2.9 Використовувані будівельні матеріали_____25

2.10 Запобігання утворенню теплових мостів_____26

РОЗДІЛ 3 Системи теплопостачання пасивного будинку_____32

3.1 Повітряне опалення з використанням енергії ґрунту_____32

3.2 Система опалення пасивного будинку за допомогою теплового насосу_____35

3.3 Водяні теплові насоси_____39

3.4 Система опалення пасивного будинку за допомогою сонячних колекторів_____41

3.5 Розрахункова частина_____45

Висновки_____48

Список використаних джерел _____49

Вступ

В даний час найбільш актуальне питання пов'язане з енергоспоживанням в житлових та громадських будівлях. Основним завданням сьогодні є будівництво нових утеплених будівель, які будуть економити енергоресурси, а також реконструкція старого житлового фонду з використанням сучасних енергоефективних матеріалів.

Через погану теплоізоляцію, застарілі комунікації - системи опалення та пов'язані з ними технічні споруди, а також відсутність енергоефективного обладнання - більшість будівель являють собою не ефективну конструкцію, яка обходиться занадто дорого для споживача. Саме це і будо основним передумовою для появлення проекту пасивного будинку.

Існує визначення, що пасивний будинок, енергозберігаючий будинок або екологічний будинок - це структура, головною особливістю якої є відсутність опалення або низьке енергоспоживання, такий будинок характеризується повною відсутністю традиційних систем опалення. Сприятливий мікроклімат постійно підтримується в приміщенні, а негативний вплив на навколишнє середовище абсолютно виключено. Енергоспоживання таких квартир становить всього 10% від вартості звичайних приватних будинків. Однак через відсутність традиційних систем опалення основним недоліком екобудинку є те, що він може бути побудований тільки в регіонах, де сонячної енергії достатньо для забезпечення такого будинку.

Екологічні проблеми впливають на архітектуру на всіх рівнях. Половина споживання енергії в розвинених країнах припадає на будівлі, а ще чверть - на транспорт. Архітектори не можуть вирішити всі проблеми навколишнього середовища в світі, але вони можуть проектувати будівлі, які вимагають лише мінімальної частини енергії, споживаної в даний час. Сучасні забудовники почали будувати екологічно чисті будинки з використанням новітніх

технологій. Одним з останніх успіхів в цій області і став пасивний будинок або ЕКОДОМ.

Однією з основних цілей Української енергетичної стратегії на період до 2030 року є зниження питомих витрат на виробництво та зниження енергоспоживання за рахунок раціонального споживання, впровадження енергозберігаючих технологій та пристроїв, раціоналізації структури суспільного виробництва та скорочення частки енергоємних технологій. Ця проблема може бути вирішена шляхом створення умов для радикального зниження енергоємності вітчизняної продукції за рахунок впровадження нових технологій, сучасних стандартів, сучасних систем управління, адміністрування та обліку на всіх етапах виробництва, транспортування та споживання енергоносіїв. Розробка ринкових механізмів для просування енергозбереження у всіх секторах економіки.

Зокрема, вирішення проблеми енергозбереження в державних службах можливе за рахунок будівництва енергоефективних пасивних структур, будівель з «нульовою енергією» та «нульовою енергією+». Більшість експлуатованих в Україні будівель досить складно модернізувати до енергоефективного будівництва, тому велику увагу слід приділити будівництву нових будівель з високим класом енергоефективності[1].

Однією з головних проблем для України у сфері енергоефективності є якість будівельних матеріалів[3]. Основне житло в багатоповерховому будинку сьогодні дорого, проте люди купують житло такого типу, не знаючи якості. Під час будівництва часто використовуються неякісні матеріали, що призводить до «порожніх» стін, це виявляється тільки при діагностиці за допомогою телевізора, а також при низьких температурах в домашніх умовах. Жителі цих квартир повинні потім утеплити стіни, поміняти вікна та двері та, за свій рахунок, впоратися з енергозбереженням, оскільки багато молодих сімей купують квартири в кредит (на період, що становить 10 - 20 років), дану задачу буде вкрай важно реалізувати [1-31]..

Враховуючи досвід західних країн, в яких активно впроваджується ідея енергоефективного житла, необхідно структурувати наявні теоретичні дані. У роботі зібрані основні конституційні та технічні дані для виділення особливостей пасивного будинку як з точки зору порівняння з будинками нижчого класу, так з точки зору особливостей теплопостачання

- **Мета:** Визначити та дослідити особливості теплопостачання пасивного будинку різними джерелами, та позначити переваги реалізації проектів енергозберігаючих систем в Україні. Враховуючи впровадження на законодавчому рівні ідеї регулювання тепловитрат домогосподарствами, необхідно виділити основні пункти, якими можна керуватися при створенні проекту пасивного будинку .
- **Об'єкт дослідження:** Структура та технічні особливості пасивних будинків. Основні характеристики теплоізолюючих матеріалів для зменшення тепловтрат.
- **Предмет дослідження:** Теоретичні відомості, які були чітко сформульовані та отримання у процесі написання роботи. Система теплопостачання та регулювання температури на базі пасивного будинку [1-31].

РОЗДІЛ 1 Критерії енергозберігаючих будинків

Основою пасивного будинку є високий рівень герметизації огороджувальних конструкцій будівлі, їх поліпшена теплоізоляція, що у багато разів перевищує сучасні стандарти.

Ефект накопичення тепла також використовується, сонячна енергія, енергія Землі, припливно-витяжна вентиляція використовується для очищення всмоктуваного повітря та рекуперації тепла, вирішення Енергоефективна архітектура та планування (правильна орієнтація по сторонах світу, вибір форми енергоефективної структури, правильне положення з енергетичної точки зору буферної зони та т.д.).

Єдине, що потрібно цим будинкам - це електрика в звичайному обсязі (10 кВт на квартиру або будинок) та водопостачання. Цього достатньо для гарячого та холодного водопостачання, вентиляції, приготування їжі, кондиціонування повітря та опалення. Такий будинок не боїться несподіваних відключень електроенергії взимку. При температурі за вікном -15 ° С пасивний будинок охолоджується всього на 1 ° С на добу. Така ефективна економія тепла може бути досягнута завдяки масивним несучим стінам тепла, плитам залізобетонної підлоги на першому поверсі та підвісним стелям.

Втрата теплової енергії в приміщеннях відбувається через високий коефіцієнт теплопровідності стін та віконних конструкцій, а також через гравітаційну вентиляцію. Ці фактори досі не були прийняті до уваги під час будівництва, тому що енергія була відносно недорогою. В ході підвищення цін виникла проблема економії тепла в приміщеннях. Технологія виготовлення віконних конструкцій дозволила знизити втрати тепла за рахунок поліпшення самих конструкцій. Коефіцієнт теплових втрат стін забезпечує адекватну ізоляцію. В цьому випадку будинок перетворюється в так званий «термос» (якщо в звичайній вентиляції відмовлено, через яку втрачається значна кількість тепла) [2]. З появою нових будівельних технологій та нових варіантів вентиляції сьогодні зазвичай забезпечується механічна вентиляція в домашніх

господарствах, в яких повітря подається в приміщення та витісняється з них за допомогою пристроїв відновлення з вентиляторами - це процес відновлення.

Концепція енергозберігаючого будинку з річним споживанням енергії 15 кВт • год / ($м^2$ • рік) називається пасивним будинком. Реалізація проекту забезпечує одночасно підвищення комфортності житлових умов та економію енергоресурсів. Виходячи з цієї концепції, ряд будівель вже побудований та будується в Німеччині, Данії та інших країнах. Пасивний будинок може вимагати збільшення витрат на будівництво до 30% в порівнянні з вартістю будівництва звичайного будинку. Але в той же час експлуатаційні витрати в цьому будинку за європейськими цінами на енергоносії і дозування економлять від 70% до 99%, що досить цікаво в Європі та стає актуально в Україні оскільки ціна на енергоносії зростають, оскільки наші ціни на енергоносії далекі від Європейського стандарту .



Рис.1. Втрата енергії в домах старого та нового типу за європейською класифікацією

Саме думка про зниження витрат на теплопостачання будинку, а так само на всі супутні цьому фактори. Основною ідеєю пасивного будинку, є реалізація

ідей по збереженню придбаного кількості тепла за визначений період часу. Враховуючи стрімке зростання цін на класичні види енергоресурсів, можна зробити висновок що на даний момент реалізація ідеї пасивного будинку є досить своєчасний проектом [1-31]..

На даний момент необхідно вивчити основні технологічні та теоретичні дані для розуміння процесу реалізації проекту енергоефективності будівлі, а так само, що не маловажно, як можна застосувати практику зарубіжний країн в Україні.

1.1 Класифікація будівель за їх рівнем енергоспоживання

- **Старі будівлі** (будівлі, побудовані до 1970-х років) - для їх роботи потрібно близько 300 кВтг / м2 на рік (опалення та кондиціонування повітря). Цей стандарт, на жаль, досі відповідає звичайній будівлі, яка будується в Україні[1].
- **Нові будівлі** (які були побудовані в Європі між 1970-ми і 2002 роками) - 150 кВтг / ($м^2$а).
- **Будинки з низьким енергоспоживанням** (з 2002 року будівництво будинків з високим енергоспоживанням в Європі заборонено) - 60 кВтг / $м^2$ на рік.
- **Пасивний будинок** (прийнятий закон, згідно з яким з 2019 року в Європі неможливо будувати будинки за стандартами нижче пасивного) - 15 кВтг / $м^2$ на рік.
- **Будинок нульової енергії** (будівля, архітектурно має той же стандарт, що і пасивний будинок, але інженерно оснащене так, щоб споживати виключно тільки ту енергію, яку саме виробляє) — 0 кВт-год/$м^2$ на рік.

- Будинок з великою кількістю енергії (будівля, яка, використовуючи встановлене на ньому інженерне обладнання: сонячні батареї, колектори, теплові насоси, рекуператори і т.д., виробляє більше енергії, ніж споживає).

Класифікація житлових будинків за рівнем енергозбереження		
Позначення класу	Рівень класу	Величина відхилення питомої витрати теплової енергії від нормального рівня, %
Для ля новозбудованих та реконструйованих будівель		
A	Дуже високий	Менш ніж - 46
B++	Підвищений	-45÷ -36
B+	Підвищений	-35÷ -26
B	Високий	-25÷ -11
C	Нормальний	-10÷ +5
Для існуючих будівель, які знаходяться в експлуатації		
D	Знижений	+6÷ +50
E	Низький	Більш +51

З 2019 року в Європі можна буде будувати будинки, що не поступаються пасивному стандарту.

Таким чином, пасивний будинок-це стандарт, до якого прагне прогресивна європейська спільнота. Вважається, що концепція пасивного

будинку пропонує забудовнику розумне співвідношення ціни та якості при проектуванні та будівництві.

Залежно від бажання клієнта та фінансових можливостей, пасивний будинок може зажадати збільшення вартості будівництва з 3% до 30% в порівнянні з вартістю будівництва звичайного українського будинку. Але в той же час експлуатаційні витрати в цьому будинку заощадять від 70% до 99%, що, на жаль, все ще не дуже реалізовано в Україні, оскільки ціни на енергоносії далекі від європейських.

Перше, що потрібно розуміти, коли мова заходить про пасивному будинку: -пасивний будинок називається "пасивним" саме тому, що він вже за рахунок своєї архітектури — тобто не активно (за допомогою інженерного обладнання), а пасивно (за допомогою планувального рішення) — поглинає, акумулює та зберігає для своїх мешканців максимальну кількість енергії з навколишнього середовища. Це досягається саме за допомогою архітектурно-планувального рішення, яке ґрунтується на забезпеченні попадання всередину будівлі максимальної кількості енергії від низького зимового сонця та максимально довгого її збереження за допомогою якісної теплоізоляції, відповідного просторово-планувального рішення, а також майже повної відсутності тепловтрат через вентиляцію.

Перехід на «зелені будинки» почався в 1970 роках після різкого зростання ціни на нафту. Саме тоді будівельники та дизайнери почали шукати спосіб зменшити залежність будівель від викопного палива[1,6].

В Україні є власні розробки енергозберігаючих будинків, у тому числі запуск технології PassivDom. Для його будівництва не потрібно зв'язуватися із зарубіжними фахівцями [1-31] .

РОЗДІЛ 2 Основні теоретичні відомості

Технологічна особливість пасивного будинку - це концепція будівництва будівлі, в якій основною ідеєю є відмова від традиційного опалення, відповідно, незалежності та екологічності будови. Ці переваги пасивного будинку забезпечуються потужною ізоляцією, високоякісною "збіркою", яка гарантує надзвичайно низьку повітропроникність (продувку).

Щоб гарантувати необхідний повітрообмін, обов'язковим елементом пасивного будинку є високоефективна система вентиляції з рекуперацією тепла. Отже, пасивний будинок в широкому сенсі-це будинок, побудований за цими «загальними» принципами.

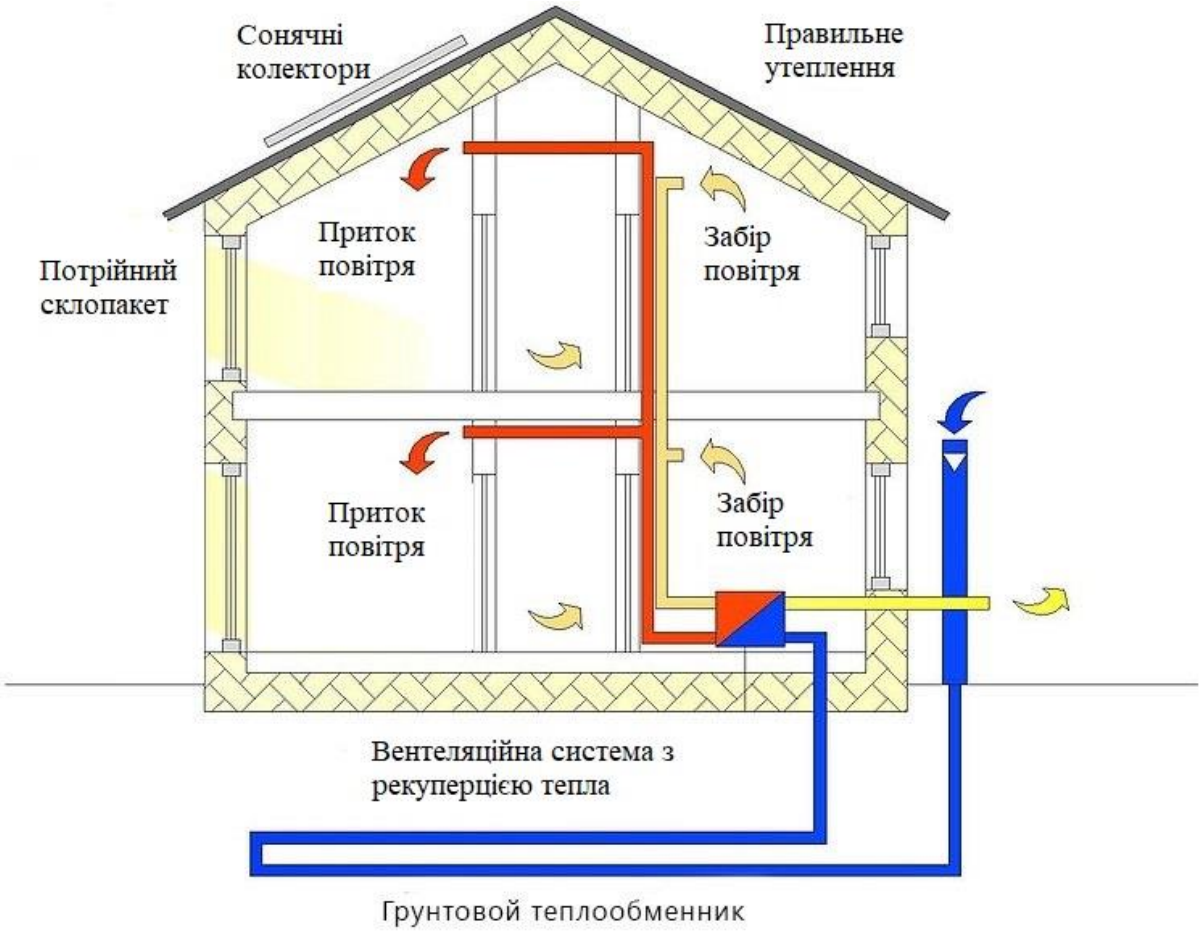


Рис.2 Схема класичного пасивного будинку.

Концепція пасивного будинку народилася під час бесіди у травні 1988 року професора Бо Адамсона з Лундського університету (Швеція) та доктора

Вольфганга Файста з Німецького інституту житлового будівництва та захисту навколишнього середовища. На основі його ідей за допомогою державного фінансування Німеччини було реалізовано кілька дослідницьких проектів, які дозволили нам розглянути концепцію пасивного будинку [4]. Перший пасивний будинок (архітектор Ботт-Ріддер та Вестермейер) був побудований за фінансової підтримки країни Гессен в Дармштадті в регіоні Краніштайн в 1990 році та був заснований в 1991 році. Для опалення цього будинку вам буде потрібно всього 1 літр рідкого палива за 1 метр. квадратних метрів на рік. У вересні 1996 року в Дармштадті був заснований інститут пасивного будинку для просування та контролю стандартів будівництва пасивного будинку. Протягом зими 2000-2001рр.в рамках проекту Cepheus були протестовані комерційні системи для створення пасивного будинку в п'яти європейських країнах, які довели свою високу ефективність. Станом на 2013 рік в 45 країнах світу було побудовано більше 45 000 пасивних будинків в різних кліматичних умовах. Більшість пасивних будинків будуються в Німеччині, Австрії та Скандинавії, проекти реалізуються в США, Канаді, Ірландії та країнах Східної Європи [1-31].

2.1 Критерії стандартизації пасивного будинку

- Питома витрата теплової енергії на опалення повинен становити не більше 15квтч/м2 на рік (близько 1,5 л/ рідкого палива або 1,5 м3 газу для обігріву одного квадратного метра житлової площі за рік) для новозбудованих будівель та не більше 25 кВтг/м2 на рік при санації старих будівель[3,4].
- Загальне споживання первинної енергії для всіх побутових потреб (опалення, гаряча вода та електрика) не повинно перевищувати більше ніж 120 кВт*год/м2 на рік. Найчастіше вартість нагріву води перевищує вартість опалення.

- Питома теплове навантаження для джерела нагріву не повинна перевищувати 10 Вт/м2.
- Повинна бути забезпечена висока герметичність зовнішньої оболонки будівлі: швидкість повітрообміну при перепаді тиску між внутрішнім і зовнішнім середовищем 50 Па не повинна перевищувати 60% (n50 ≤ 0,6 ч-1).
- Коефіцієнт теплопередачі вікон U повинен бути менше 0,8 Вт / м^{2}К
- ККД вентиляційної системи рекуперації тепла більше 75-80%

Всі перераховані вище критерії дуже суворі та однакові незалежно від місця розташування майбутнього будинку. Проектування та будівництво пасивного будинку в нашому регіоні, що відповідає перерахованим вище характеристикам, вимагає інноваційного технологічного підходу як в проектуванні, так та в будівництві [1-31].

2.2 Будинки з позитивним енергобалансом

Найвищий рівень енергоефективності в будівлях, який може бути досягнутий, - це будинок з позитивним енергетичним балансом, тобто будинок плюс енергія. Такі системи виробляють більше енергії, ніж їм потрібно для власних потреб.

Цей результат може бути досягнутий при використанні альтернативних джерел енергії, теплоізоляції, сучасних вікон, сучасної системи вентиляції та системи рекуперації тепла (з використанням тепла вихлопних газів). Перший такий будинок був побудований в 2009 році в місті Люструп (Данія) [18].

Проект Active House виробляє електрику за допомогою фотоелементів площею 50 м2. Через велику віконну площу в будинку він простора та світла навіть в похмурі дні. За оцінками експертів, через 30 років вартість

надлишкової електрики, яке виробляє будинок, буде нести витрати на будівництво (600 000 євро).

Таким чином, ви можете бачити в усьому світі, як відмова від викопного палива стає тенденцією. Це відноситься, зокрема, до житлового будівництва та комунального обслуговування та досягається за рахунок модернізації старих будівель та впровадження енергозберігаючих заходів у повсякденному житті.

Розвиток будівельних технологій не стоїть на місці. Так що є надія, що людство перестане будувати неефективні будівлі. Більш того, відповідно до Директиви з енергоефективності будівель, прийнятої країнами ЄС в грудні 2009 року, з 1 січня 2020 року, всі новозбудовані будинки повинні відповідати як мінімум вимогам пасивних будівель [7,8].

2.3 Рекуперація повітря

Якщо в приміщенні встановлений надійний повітряний ущільнювач, рух повітряних потоків практично повністю припиняється. Це може призвести до забруднення повітря забруднювачами, такими як формальдегід та летючі органічні сполуки, що, в свою чергу, призводить до різних наслідків для здоров'я. Щоб уникнути такого забруднення, повинна бути встановлена система вентиляції. Вентиляція також допомагає контролювати вологість, що, в свою чергу, запобігає зростанню цвілі та пошкодження конструкції. Система вентиляції є дуже важливою частиною енергоефективного будинку. Існує три основні стратегії вентиляції: природна вентиляція, вентиляція на місці та централізована вентиляція загального призначення.

Природна вентиляція-це неконтрольований рух повітряного потоку через проходження повітря через щілини та невеликі отвори в стінах. У минулому цього витоку повітря було достатньо для розбавлення забруднювачів повітря і підтримки належної якості повітря в приміщенні. Сьогодні через ущільнення цих тріщин і отворів такий рух повітря практично відсутній. З одного боку, це

забезпечує підвищення енергоефективності наших будинків, але з іншого боку, Повітря стає заблокованим. Відкриті вікна та двері також забезпечують природну вентиляцію, але багато людей тримають свої будинки закритими, оскільки вони використовують системи центрального опалення та охолодження цілий рік. Щоб забезпечити необхідну якість повітря в приміщенні, можна передбачити систему вентиляції, яка забезпечить підтримку здорового та комфортного внутрішнього середовища. Природна вентиляція непередбачувана і неконтрольована, тому не можемо покладатися на неї, щоб рівномірно провітрити будинок. Природна вентиляція залежить від напруги будинку, температури зовнішнього повітря, вітру та інших факторів. У спекотну погоду в деяких будинках може бути відсутня природна вентиляція для видалення забруднюючих речовин. У вітряних або екстремальних погодних умовах будинок, який не був належним чином запечатаний, матиме протяги і втрату тепла, що збільшить вартість опалення або охолодження.

Вентиляція на місці може підвищити ефективність природної та централізованої вентиляції, усуваючи забруднення повітря або вологи всередині об'єкта, де знаходиться його джерело. Ця вентиляція передбачає використання локальних витяжних вентиляторів, які включають витяжний вентилятор та вентилятор у ванній кімнаті. Використання централізованої загальної вентиляції забезпечує адекватну якість повітря, яке можна контролювати на місці. Централізована загальна вентиляція забезпечує контрольоване, рівномірний розподіл повітря по всьому будинку. Така система вентиляції використовує один або кілька вентиляторів та повітроводів, які дозволяють видаляти використане повітря та в той же час забезпечувати свіже повітря у вашому домі.

2.4 Об'ємно-планувальні вимоги

Пасивний будинок завжди прагне бути компактним. Стіни, дах та фундамент - це каркас будівлі, через яке ваше тепло якимось чином йде. Внутрішній простір вважається корисним.

Будівля тим компактніше, чим менше його площа. Тому існуючі пасивні будинки мають особливу форму: вони більш незграбні, і іноді вони можуть нагадувати півкуля, яка стоїть на плоскій лінії на землі.

Що стосується вікон-це вже ясно: південь допускає широке скління, навіть еркери, ми залишаємо північ як буфер, але Балкони в пасивних будинках в принципі не плануються. Надмірна відкритість сприяє більшій світлопропускності взимку, але влітку вона може нашкодити вам надмірно задушливим сонцем, тому великі вікна можуть супроводжувати карнизи та інші виступаючі елементи. Треба враховувати, що ці «холодні» елементи повинні мати зовнішні опори, фундамент, так як їх ізоляція не має сенсу.

Відсоток вікон повинен виглядати наступним чином: близько 70-80% - на південній стороні, 20-30% - на сході, до 10% можна виділити для заходу, скління на півночі виключено[12,2].

Відповідно до цих інструкцій необхідно облаштувати житловий простір: як правило, на півночі розташовані складські приміщення, підсобні приміщення, де можна розмістити рекуператор та інші комунікації.

2.5 Ландшафтно-планувальні вимоги

Пасивний будинок повинен розташовуватися строго по відношенню до кардинальних точок. З північного боку конструкція повинна бути "незайманою" - ніяких світлопрозорих матеріалів. В ідеалі, якщо ця частина будівлі "покрита" лісом. У свою чергу, південна сторона повинна бути не затінена. Часто він майже повністю засклений, щоб забезпечити найбільше проникнення літнього сонця та низької зими[9]. Сонячне світло є відмінним джерелом тепла, який буде тримати вас в теплі, якщо ізоляція та вентиляція не виходять з ладу.

2.6 Акумуляція та інженерія

У пасивному будинку все повинно сприяти накопиченню та підтримці тепла. Виходячи з цього, вам потрібно вибрати однорідні матеріали для будівництва. Стіни можуть та повинні служити основою для накопичувального ефекту. Для цього, необхідно використовувати пустотілі цегли, піноблоки або газоблоки та деревину, не використовувати гіпсокартон для обробки. Ця будівельна знахідка має унікальні властивості: вона збирає сонячне світло та з його допомогою зігріває повітря в кімнаті.

Щоб підтримати цей ефект, пасивний будинок оснащений контрольованою припливно-витяжною вентиляцією з рекуперацією. Це означає, що тепло, споживане після проходження всього циклу, не втрачається, а використовується повторно. Інженери також рекомендують використовувати підземні канали. Ці підлогові теплообмінники виконують попередній (пасивний) нагрів або охолодження повітря або води.

Додаткова економія енергії для опалення та гарячого водопостачання може бути досягнута за допомогою єдиної комбінованої установки, яка реалізує всі три основні функції: опалення, вентиляція та гаряче водопостачання «пасивного» будинку. Зовнішнє повітря через вентилятор видаляється з вулиці, проходить через теплообмінник повітря-повітря - при необхідності він нагрівається нагрівачем та подається в приміщення. Принцип роботи такої комбінованої установки представлений на рис.2.

Відпрацьоване повітря видаляється з приміщення, спочатку він проходить через повітряно-повітряний теплообмінник - теплообмінник для нагріву повітря, що подається, а потім через повітряно-водяний теплообмінник, через який проходить тепло неякісний відпрацьоване повітря подається в випарник теплового насоса малої потужності. Цей тепловий насос нагріває воду в резервуарі для гарячої води. Другим джерелом тепла для нагріву гарячої води є охолоджуюча рідина від сонячних колекторів. Остаточний нагрів води до необхідної температури здійснюється за допомогою електричного

нагрівального елементу. У тому ж резервуарі для гарячої води вбудований контур подачі тепла для підігрівача припливного повітря. Резервуар для зберігання має дуже високий рівень теплоізоляції.

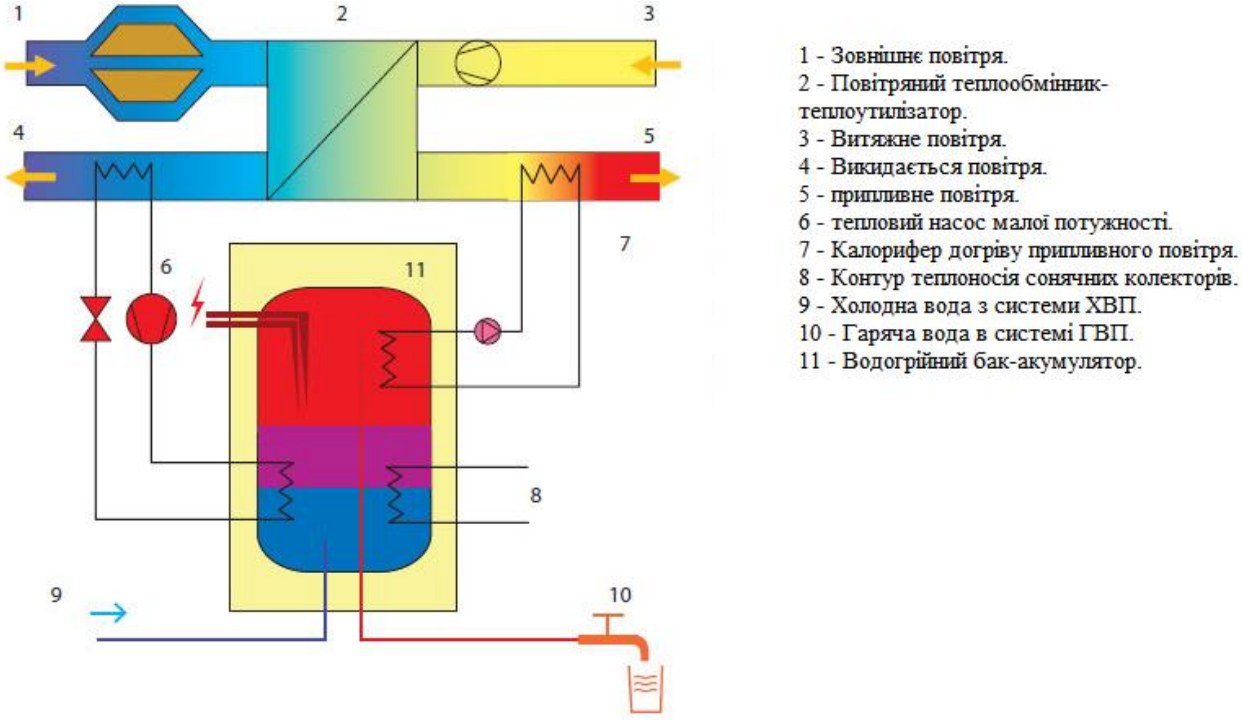


Рис.3. Схема комбінованої установки, яка реалізує всі три основні функції: опалення, вентиляція та гаряче водопостачання «пасивного» будинку.

Серед інших можливостей енергозбереження за рахунок використання інноваційних технологій в області теплопостачання німецькі експерти відзначають використання конденсаційних котлів, а також використання біомаси в якості паливних гранул (пелет) з відходів, таких як палива. Ще одна цікава можливість знизити витрати енергії на нагрів припливного повітря - це використання підлогових теплообмінників для підігріву припливного повітря [19].

Ця технологія зараз широко використовується не тільки в» пасивних " будівлях. З цією метою колектор вривається в землю нижче глибини замерзання, в якій розміщується спеціальний колектор, який діє як наземний

теплообмінник для безпосереднього нагріву або охолодження припливного повітря [7,18]. Внутрішня частина цього колектору може мати спеціальне антибактеріальне покриття, що містить срібло. Взимку повітря, що нагнітається через цей колектор, нагрівається, влітку, навпаки, він охолоджується. Після наземного теплообмінника припливне повітря надходить в блок живлення або кондиціонер, в якому він остаточно нагрівається або охолоджується до необхідної температури, потім подається в приміщення.

2.7 Механічна вентиляція

Виходячи з визначення "пасивного" будівлі, перш за все, необхідно забезпечити високу якість повітря при будь-яких погодних умовах. В цьому випадку необхідно уникати надмірного повітрообміну, що призводить до невиправданого надлишку теплової енергії для нагріву (або охолодження) обсягу надлишкового припливного повітря.

Це, в свою чергу, робиться в разі спільного використання герметичних закритих конструкцій та механічної припливно-витяжної вентиляції. При використанні неконтрольованого припливу витоків у зовнішні конструкції корпусу обмін нормативного повітря забезпечується тільки в досить вузькому діапазоні температур та вітрових умов.

Протягом більшої частини року повітрообмін буде або недостатнім, або навпаки надмірним. Крім того, через погану герметичність зовнішніх огороджувальних конструкцій будівлі проблема зволоження конструкцій виникає через відфільтровування гарячого та вологого повітря з приміщень (в нашій країні ця проблема дуже актуальна [16].

У Німеччині з 1984 року були побудовані нові будівлі відповідно до вимог по герметичності зовнішніх перегородок, які не забезпечують необхідний приплив; в старих будівлях вікна часто замінюються на більш щільні. Ті ж проблеми характерні для домашніх умов. Періодичне відкриття вікна не вирішує проблему: німецькі експерти підрахували, що для

забезпечення повітрообміну, кратного 0,33 ч - 1 (у Німеччині вважається, що прийнятна якість мікроклімату в житлових приміщеннях з повітрообміном від 0,3 до 0,6 забезпечується ч - 1 без рециркуляції), відкрити вікна на 5-10 хвилин. кожні три години, в тому числі вночі. У Франції та Швеції за останні 50 років широкого поширення набули системи механічної витяжної вентиляції через вентилятори низького тиску на кухнях, ванних кімнатах та природний приплив в житлові приміщення через припливні клапани [16].

Таке рішення цілком прийнятне з точки зору забезпечення якості мікроклімату та виправдано при будівництві масового житла, але не ідеальним з точки зору оптимізації енергоспоживання: навіть в Центральній Європі, щоб усунути неприємний вплив потоку холодного повітря безпосередньо на клапан, необхідно встановити нагрівач, розрахований на відносно високе пікове навантаження.

Виходячи з цих міркувань, для «пасивного» будівлі система механічного керованого електроживлення та вентиляції, організована за звичайною схемою, визнана найбільш прийнятною: приплив в більш чисті приміщення (житлові кімнати), брудні вихлопи (кухні та ванні кімнати) [22]. В цьому випадку враховується як необхідність хорошого розподілу повітря, так і правильний розподіл повітряних потоків між різними приміщеннями, для цього використовуються міжкімнатні перепускні клапани.

2.8 Утилізація теплоти повітря, що видаляється

Використання механічної припливно-витяжної вентиляції створює умови для подальшого зниження енергетичних витрат на нагрів (або охолодження) припливного повітря за рахунок використання тепла видаляється повітря теплообмінниками. Вони дозволяють використовувати від 75 до 95% витрат енергії на нагрів (охолодження) припливного повітря (рециркуляція повністю виключена).

Використання цих пристроїв в Центральній Європі може знизити річне споживання енергії для опалення та охолодження припливного повітря з 20-30 кВтг / ($м^2$ · рік) до 2-7 кВтг / ($м^2$ · рік). У той же час температура повітря, що подається в приміщення, дуже близька до необхідної температури повітря в приміщенні[18]. Це створює передумови для мінімізації пікового навантаження на опалення та оптимізації розподілу повітря всередині будівлі, а завдяки високому рівню теплового захисту та низької повітропроникності через огорожу будівлі стає ефективним поєднання функцій вентиляції та обігріву повітря.

У цьому випадку відмінність від концепції використання систем кондиціонування повітря, широко використовуваних в США, які забезпечують повітрообмін з дуже високим коефіцієнтом, аж до 10 ч - 1, але в режимі повної рециркуляції, що призводить до помітних неприємних наслідків. протяги, високий рівень шуму, хоча якість повітря при цьому залишається досить низьким.

Прийнята концепція організації припливно-витяжної вентиляції в "пасивних" будівлях з використанням тепла витяжного повітря в поєднанні з функцією опалення дозволяє оптимізувати капітальні витрати - досить висока вартість ефективних теплообмінників компенсується відсутністю окремої системи опалення.

Наприклад, при температурі зовнішнього повітря 0 ° С та температурі навколишнього середовища 20 ° С ефективне рекуперація тепла забезпечить, щоб температура припливного повітря була не менше 16 ° С, що за умови те, що ізоляція досить ефективна та, отже, теплопередача дуже мала, створює умови для підтримки температури в приміщеннях за рахунок тепла сонячного випромінювання та побутового тепла. Отже, Додатковий нагрів припливного повітря після теплообмінника вимагає дуже низьких енергетичних витрат [1-31]..

2.9 Використовувані будівельні матеріали

При будівництві пасивного будинку використовуються як традиційні матеріали (дерево, цегла), так і нетрадиційні елементи з перероблених матеріалів. Звичайно ж, багато будинків побудовані з сучасних матеріалів з низькою теплопровідністю. Тепло від будівлі виходить через навколишні конструкції-стіни, підлогу, дах та вікна. При будівництві пасивного будинку використовується кілька шарів теплоізоляції. Це запобігає проникненню холоду з навколишнього середовища та втрати тепла від самої будівлі. Під час будівництва всі огороджувальні конструкції утепляються, що знижує втрати тепла в 10-20 разів. На відміну від традиційної вентиляції будівлі, все повітря в пасивному будинку проходить через систему відновлення[9,3]. Це дозволяє утилізувати відпрацьоване тепло та повертати його в будівлю замість його випуску.

Велика увага приділяється вікнам. При будівництві використовуються 2-3 камерні вікна з подвійним склінням, а стики між вікнами і стіною ретельно герметизуються та ізолюються. Часто в залежності від світу використовуються вікна різних розмірів (найбільші вікна виходять на південь).

Велика увага приділяється не самим конструкційним матеріалам, а різним нагрівачів та ізоляторів. Успіх всього заходу буде залежати від якості останнього. Будинок повинен бути не тільки утеплений, щоб зберегти тепло, що зберігається всередині, але і герметизований. Саме в цей момент часто виникають проблеми: необхідно ізолювати не тільки зсередини[5]. Якісна ізоляція також вимагає екстер'єру будівлі. Ми говоримо про стіни, дах та фундамент. Крім того, необхідно подумати про утеплення останнього також на етапі укладання будівлі, відразу після завершення земляних робіт. На другому місці якість самої ізоляції. Його кількість повинна бути обрана відповідно до конкретного регіону, в якому побудований будинок, виходячи з кліматичних характеристик. Кількість утеплення для будинку в Криму та в протилежній частині України буде зовсім іншим.

Крім елементарної товщини, необхідно враховувати такі якості, як теплопровідність, паронепроникність та тепловідбиваючі властивості. Ізоляція повинна бути укладена в хорошій якості. Неприпустимі відстані між ізоляційними плитами. Глуха монолітна кладка вважається ідеальною, чого дуже важко домогтися на практиці. Еко вата - сучасна рідка ізоляція, створена на основі переробленого паперу, - залишається найкращим показником в цьому відношенні. Наноситься на підготовлену поверхню шляхом розпилення. Для внутрішньої обробки будівлі краще використовувати натуральні матеріали, здатні залучати сонячну енергію та накопичувати її.

Для цього можна використовувати монолітну цеглу або монолітні бетонні блоки. З них внутрішні перегородки повинні бути прокладені. Від класичного гіпсокартону краще відмовитися, так як він не володіє акумулюючими властивостями. Зі стінами з твердої цегли або бетону, які облицьовані глиняною штукатуркою, ви можете не тільки збирати сонячну енергію, отриману протягом дня, але і поступово повертати її в будинок [21]. Темний колір стін навпроти вікон робить цей процес більш ефективним. Для прикраси фасаду будівлі також рекомендується вибирати більш темні відтінки для залучення сонячної енергії [1-31] .

2.10 Запобігання утворенню теплових мостів

Теплові мости (або «холодні мости») в оболонці будівлі мають значний вплив на енергоефективність та тепловий комфорт, цей ефект може бути відносно слабким у будівлях, які не дуже добре ізольовані. Та, навпаки, в будівлях з хорошою високоякісною ізоляцією-енергоефективних та пасивних будинках, вплив теплового моста на енергетичний баланс може бути значним.

Стандарт пасивного будинку визнає важливість теплових мостів та важливість їх впливу на енергоефективність будівель. Стандарт пасивного будинку вимагає безперервного теплового охоплення, тобто конструкції

будівлі без охолоджуючих мостів [6]. Це єдиний спосіб забезпечити радикальне підвищення енергоефективності та приємний мікроклімат. Тепловий міст-це елемент або місце без теплової ізоляції або з меншою ізоляцією в порівнянні з областями теплового захисту будівлі, прилеглими до цього елементу / місця.

Це означає, що тут передбачений шлях найменшого опору для тепла, що проходить через огороджувальні конструкції будівлі. У холодному кліматі додаткове тепло буде втрачено цим конкретним місцем. У жаркому кліматі тепловий міст дозволить небажаному додатковому теплу проникати в будівлю. Можна виділити два основних типи: **геометричний та структурний**.

Геометричні теплові мости не пов'язані з переривчастою або зменшеною товщиною теплоізоляції. Вони виникають там, коли геометрія самої теплової оболонки призводить до збільшення втрат тепла в певних місцях. Найпростішим прикладом є зовнішній кут будівлі. Тут зовнішня зона втрати тепла більше, ніж відповідна внутрішня область теплової оболонки.
Типові розташування геометричних теплових мостів:

- Зовнішні кути стін;
- Область стику карниза та стіни;
- Зона навколо віконних та дверних прорізів ;

Таких холодних мостів не можна повністю уникнути, але бажано їх мінімізувати, що робить форму будівлі більш простою та компактною. При будівництві якісних енергоефективних котеджів, пасивних будинків особливу увагу слід приділити цьому.

Конструктивні теплові мости.

Цей тип теплового мосту легше зрозуміти. Якщо щось порушить шар ізоляції, ми можемо точно говорити про холодний міст. іншими словами, будь-який елемент в огороджувальної конструкції будівлі, який характеризується більш високою теплопровідністю в порівнянні з основною використовуваної ізоляцією-тепловим мостом.

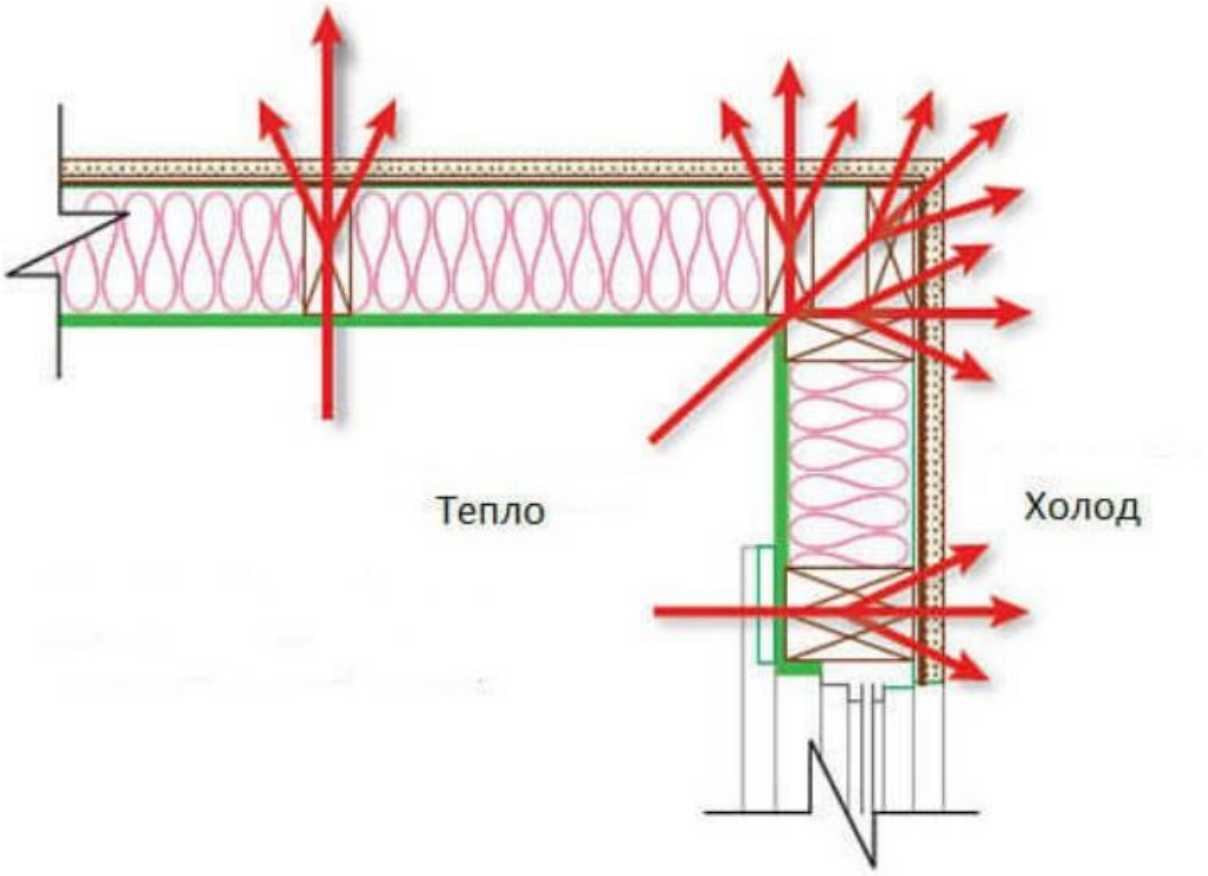


Рис.4. Демонстрація утворення теплових мостів.

Традиційні місця для холодних мостів:

- Крокви, що проходять через тепловий контур будівлі для підтримки карниза (або для прикраси)
- Дерев'яні стійки / підлоги(рама), що порушують теплоізоляцію
- Консольні конструкції, що проходять через теплову оболонку.
- Перемички, які переривають ізоляцію.
- Прогалини, залишені між теплоізоляційними плитами-неточна ізоляція.

Структурні теплові мости зазвичай можна мінімізувати шляхом ретельного планування та будівельних робіт. При плануванні пасивних

будинків слід розраховувати та враховувати втрати тепла від конструктивних теплових мостів.

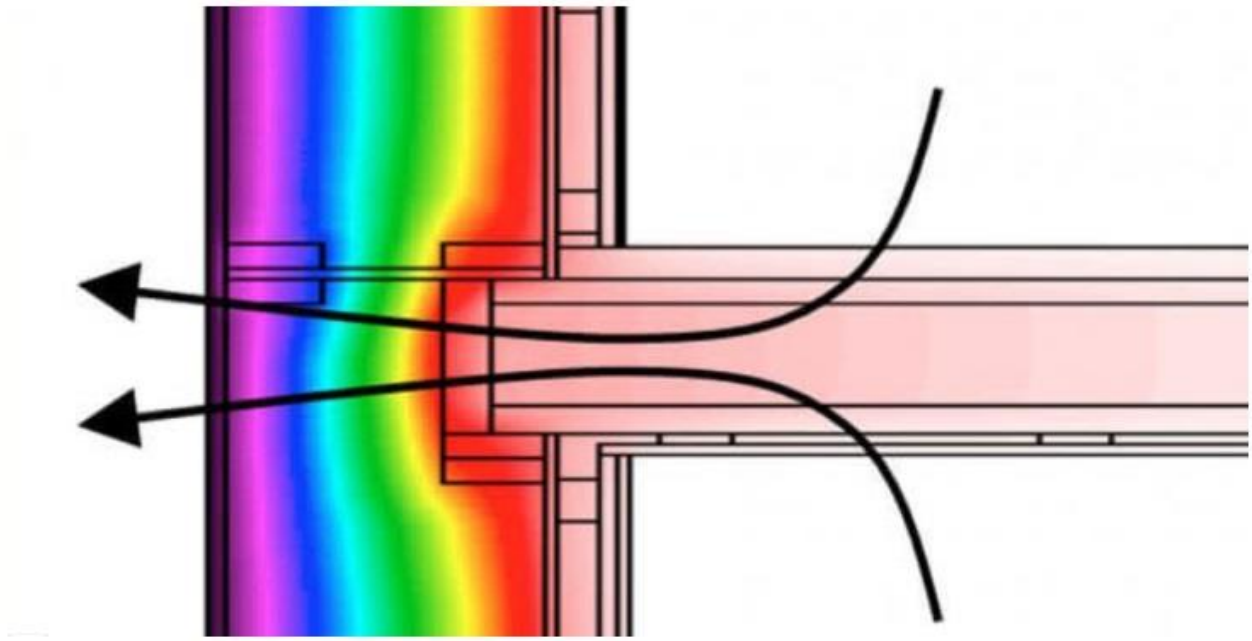


Рис.5. Демонстрація тепловтрати при утворенні теплового моста в елементі перекриття будинку.

Як геометричні, так і структурні теплові мости можна розділити на наступні підтипи наступним чином:

- Лінійні теплові мости: холодний міст певної довжини.
- Точкові теплові мости: холодні мости в деяких точках, наприклад, штирі / з'єднувачі для кріплення теплоізоляції, з'єднання внутрішніх і зовнішніх конструкцій.
- Багаторазові теплові мости: холодні мости через рівні проміжки часу, наприклад, стійки з дерев'яною рамою з теплоізоляцією, розташованої між ними.

У будь-якій будівлі, навіть в пасивному будинку, наявність теплових мостів неминуча. Тим не менш, хороший дизайн та точна конструкція можуть звести до мінімуму їх кількість та вплив [17].

Теплові мости не є проблемою для будівель низької якості або з недостатньою ізоляцією. Без них втрата тепла також велика та багато інших недоліків. Крім того, наявність холодних мостів створює значні ризики, пов'язані з перенесенням вологи через будівельні конструкції.

П'ять потенційних проблем теплових мостів.

1. Втрата тепла.

Теплові містки є слабким місцем в корпусі будівлі і, отже, можуть привести до значних втрат тепла. Це знижує енергоефективність будівель та збільшує витрати на опалення.

2. Перегрів влітку.

Теплові мости впускають тепло, влітку це може привести до небажаного додаткового опалення приміщення.

3. Холодні внутрішні поверхні.

У місці, де тепло виходить через тепловий міст, температура внутрішньої поверхні буде знижуватися, створюючи «холодну пляму». Тому відносна вологість поверхні буде збільшена.

Це створює ризик утворення конденсату на внутрішніх поверхнях, що може привести до утворення цвілі. В результаті можуть виникнути як косметичні дефекти, так і ризики для здоров'я людини.

4. Холодні плями на тканині будівлі.

Теплові містки можуть не тільки привести до утворення холодних ділянок на внутрішніх поверхнях, але також можуть викликати зниження температури у відповідних місцях по товщині будівельних конструкцій. Тут те ж саме: відбувається конденсація, з'являється цвіль. Протягом тривалого періоду часу пошкодження конструкцій можуть стати значними.

5. Загрози комфорту та здоров'ю.

Холодні області на внутрішніх поверхнях викликають температурний дискомфорт та протяги.

РОЗДІЛ 3 Системи теплопостачання пасивного будинку

3.1 Повітряне опалення з використанням енергії ґрунту

Хоча річна питома витрата тепла на опалення в пасивному будинку дуже незначна, вона не дорівнює нулю. Граничне значення в 15 кВт*г ($м^2$ / Рік) означає, що споживання тепла на опалення в «пасивному» будинку з житловою площею 120 м відповідає річному значенню близько 1800 кВт*г. Результати моделювання та практичний досвід будівництва пасивних будинків показали, що теплове навантаження в найхолодніші дні становить 10 Вт на 1 $м^2$ житлової площі. Це означає, що в приміщенні площею 20 $м^2$ потрібно нагрівальне навантаження 200 Вт. Це потужність двох звичайних лампочок. Звичайно, в цих відомих умовах, з надзвичайно низькими потребами та навантаженнями, звичайна система опалення була б непотрібною та занадто дорогою.

Стандарт пасивного будинку стає цікавим у зв'язку з тим, що можна заощадити капітальні витрати, необхідні для створення системи опалення з використанням трубопроводів. Звичайно, додаткові традиційні системи опалення можуть також використовуватися в пасивних будівлях. При максимальному навантаженні 10 Вт на будинок з житловою площею 120, необхідна потужність становить 1200 Вт. Припливно-витяжний пристрій з рекуперацією тепла має використовуватися в пасивному будинку.

Якщо ми припустимо, що обсяг припливного повітря в нормальному режимі становить 120 $м^2$ на годину, ви можете використовувати цей обсяг припливного повітря, якщо збільшите температуру на 30 ° С, щоб забезпечити необхідні 1200 Вт. З системою вентиляції та повітрозбірником можлива низька потреба в теплі. Припливне повітря нагрівається нагрівачем, який нагріває припливне повітря до необхідних параметрів та розташований безпосередньо за теплообмінником [1-31] .

Після повітронагрівача вентиляційний канал з припливним повітрям може проходити тільки в теплих приміщеннях. Пряма передача тепла від припливного воздуховоду до витяжного воздуховоду повинна бути відвернена. Частина тепла передається в приміщення через систему каналів з припливним повітрям, а це цілком бажаний процес. Тепло для нагріву припливного повітря можна, наприклад, запозичувати з системи нагріву гарячої води, передбаченої проектом. У будь-якому випадку теплове навантаження, необхідне для системи вентиляції, набагато нижче максимального навантаження для гарячої води.

Тепло для нагрівання гарячої води може генеруватися з різних джерел: невеликих газових конденсаційних котлів зі звичайною витяжною системою; в майбутньому буде можливо використовувати витяжні канали системи вентиляції безпосередньо для видалення цих вихлопних газів. невелика низькотемпературна установка для вироблення тепла, що працює на рідкому паливі та не споживає внутрішнє повітря з приміщень для спалювання; пелетні печі з пресованої деревної тирси, з автоматичним завантаженням, регульовані в залежності від температури в будівлі[9].

Особливо гарним варіантом є вироблення тепла за допомогою невеликого високоефективного теплового насоса з річним коефіцієнтом перетворення більше 3. Джерелом тепла для теплового насоса може бути відпрацьоване повітря після теплообмінника. Якщо наземний теплообмінник використовується для обігріву свіжого зовнішнього повітря, як рекомендовано, то температура повітря, що видаляється, навіть в найхолодніші дні, становить не менше 6-10 ºС. Крім того, повітря, що видаляється містить приховане (приховане) тепло з урахуванням водяна пара в видаляється повітрі. При охолодженні видаляється повітря до температури 2 °С (в цьому випадку обмерзання не відбувається в певному безпечному температурному діапазоні), можна витягти з цього джерела теплову потужність 500 ... 800 Вт. Завдяки цьому можлива дуже проста інтегрована система вентиляції корпусу для будинку. пасивний, при цьому забезпечуючи низьку потребу в теплі: невеликий

компактний тепловий насос (Електрична Потужність 300 ... 500 Вт) забирає тепло з віддаленого повітря, який потім подається в припливне повітря) - в повітря.

Тепловий насос вбудований у вентиляційну установку, його випарник розташований у витяжному повітроводі, а його конденсатор - в припливному повітроводі за пластинчастим теплообмінником - для цього не потрібні додаткові джерела тепла і нагрівальні пристрої.

Використовуючи вищезгаданий компактний пристрій в пасивному будинку, досягається споживання електроенергії на опалення в розмірі менше 600 кВт*г на рік. Це значення трохи вище, ніж споживання електроенергії для допоміжних потреб традиційної системи опалення (насоси, система управління та вентилятори). Незалежно від того, як надзвичайно мало теплової енергії виробляється в пасивному будинку, необхідно звернути увагу на наступні основні положення для системи опалення. Система опалення в пасивному будинку повинна бути простою та недорогою. Теплогенератори повинні бути призначені в першу чергу для гарячої води. Невелика потреба в тепловій енергії для опалення може бути забезпечена "як би серед речей". Труби опалення та вентиляційні канали повинні бути розташовані тільки всередині ізоляційної оболонки будівлі. Якщо невелика область знаходиться поза гарячою зоною, вона повинна бути добре ізольована (товщина ізоляції становить близько 100 мм).

Якщо теплогенератор, що працює на рідкому паливі, повинен бути встановлений всередині будинку, потрібен окремий повітряний потік. Важливо, щоб система подачі повітря для спалювання палива та система видалення вихлопних газів були герметично відокремлені від внутрішнього повітря, а також герметично закриті у вимкненому стані. В іншому випадку існує ризик потрапляння шкідливих речовин в квартиру, втручання в роботу вентиляційної установки та додаткових неконтрольованих витоків. Можливі різні рішення для регулювання системи опалення малої потужності.

Наприклад, традиційний розподільний пристрій для вироблення теплової енергії, яке в залежності від температури зовнішнього середовища в поєднанні з кімнатним термостатом дуже добре функціонує в побудованому пасивному будинку в Дармштадті.

Вкрай важливо, щоб система повністю відключалася в неопалювальний час. Альтернативою є регулювання центрального установка через датчик температури голови, розташований в центрі будинку. Теплове навантаження в пасивному будинку дуже мале. Тим не менш, завжди достатньо тримати будівлю в комфортній, теплій обстановці. Якщо температура в квартирі все ж знизилася (наприклад, після того, як опалення було повністю відключено під час зимових канікул), то для повторного опалення буде потрібно дуже тривалий період часу. Тому не рекомендується повністю відключати систему опалення для пасивного будинку[18].

3.2 Система опалення пасивного будинку за допомогою теплового насосу

Теплові насоси стають все більш поширеними в системах опалення та гарячого водопостачання житлових будинків. Екзотичні на початку століття, сьогодні вони стають звичайним, твердим утеплювачем. Наприклад, в Данії заборона на установку газових та рідкопаливних котлів в житлових будівлях була введена з початку 2013 року. Споживач повинен або підключити систему центрального опалення, або встановити тепловий насос. За даними Всесвітнього енергетичного агентства (IEA), до 2030 року частка теплових насосів в Європі становитиме 50%. У 2012 році більше 70 000 теплових насосів було продано в Німеччині і менше 100 одиниць в Україні. Тепловий насос - це, по суті, холодильник. Випарник, компресор, конденсатор та розширювальний клапан доступні в обох пристроях.

Налаштування відрізняється в залежності від виконуваних завдань: підвищення температури в одному випадку, зниження в іншому випадку.

Робочий цикл теплового насоса в цілому можна описати наступним чином. Рідкий холодоагент надходить у випарник та там переходить в газоподібний стан. Енергія, необхідна для цього процесу, береться з охолоджуючої рідини, що циркулює в первинному контурі. Крім того, газоподібний холодоагент, нагрітий на кілька градусів, втягується в компресор, основне призначення якого - стиснення газу (це, звичайно, споживає електроенергію). Тиск газу збільшується в кілька разів при значному нагріванні: якщо температура холодоагенту на вході в компресор становить від 6 до 10 ° С, то на виході вона вже становить близько 60 ° С. На наступному етапі нагрітий газ направляється в конденсатор, де він віддає тепло, отримане в систему опалення, в той час як він конденсується, тобто переходить в рідкий стан. Потім надлишковий тиск скидається за допомогою дросельної заслінки, та цикл починається знову. До речі, багато теплових насосів (реверсивні теплові насоси) також можуть діяти як «холодильники», тобто для охолодження приміщень.

Причини цього-висока ціна на обладнання та монтаж, а також низька обізнаність споживачів про можливості та переваги опалення за допомогою теплових насосів.

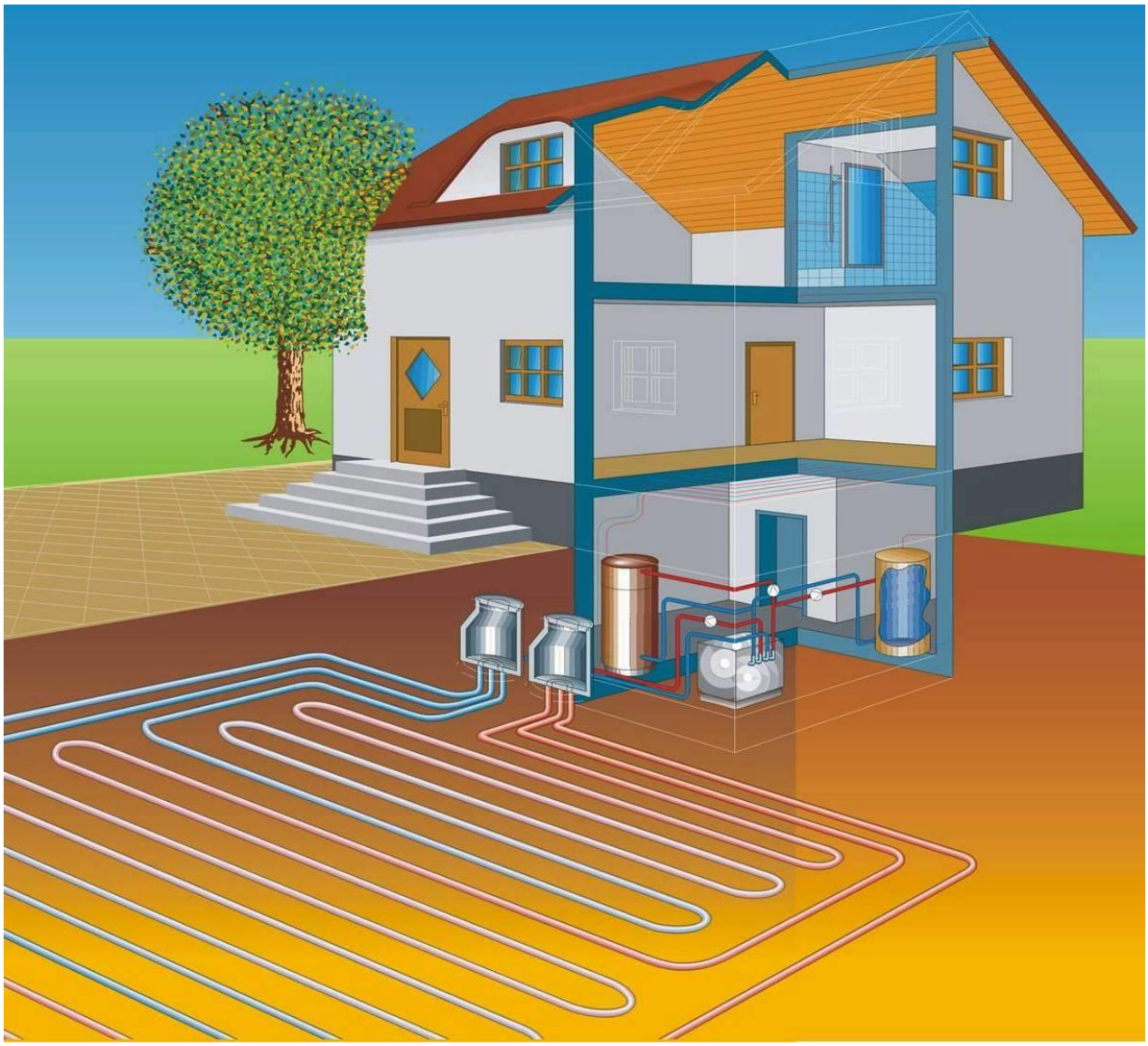


Рис.6. Демонстрація розташування системи геотермального теплопостачання горизонтального типу.

Ціни на імпортні теплові насоси в Україні значно вищі, ніж на європейському ринку, через низькі обсяги поставок та високі митні та транспортні витрати. На жаль, вітчизняні виробники теплових насосів (є деякі) не можуть успішно рекламувати свої пристрої на ринку, хоча їх вартість нижча, ніж у західних. Крім того, в Європі існують різні програми пільгового фінансування для закупівлі енергоефективного обладнання, в тому числі теплових насосів, чого не можна сказати про Україну.

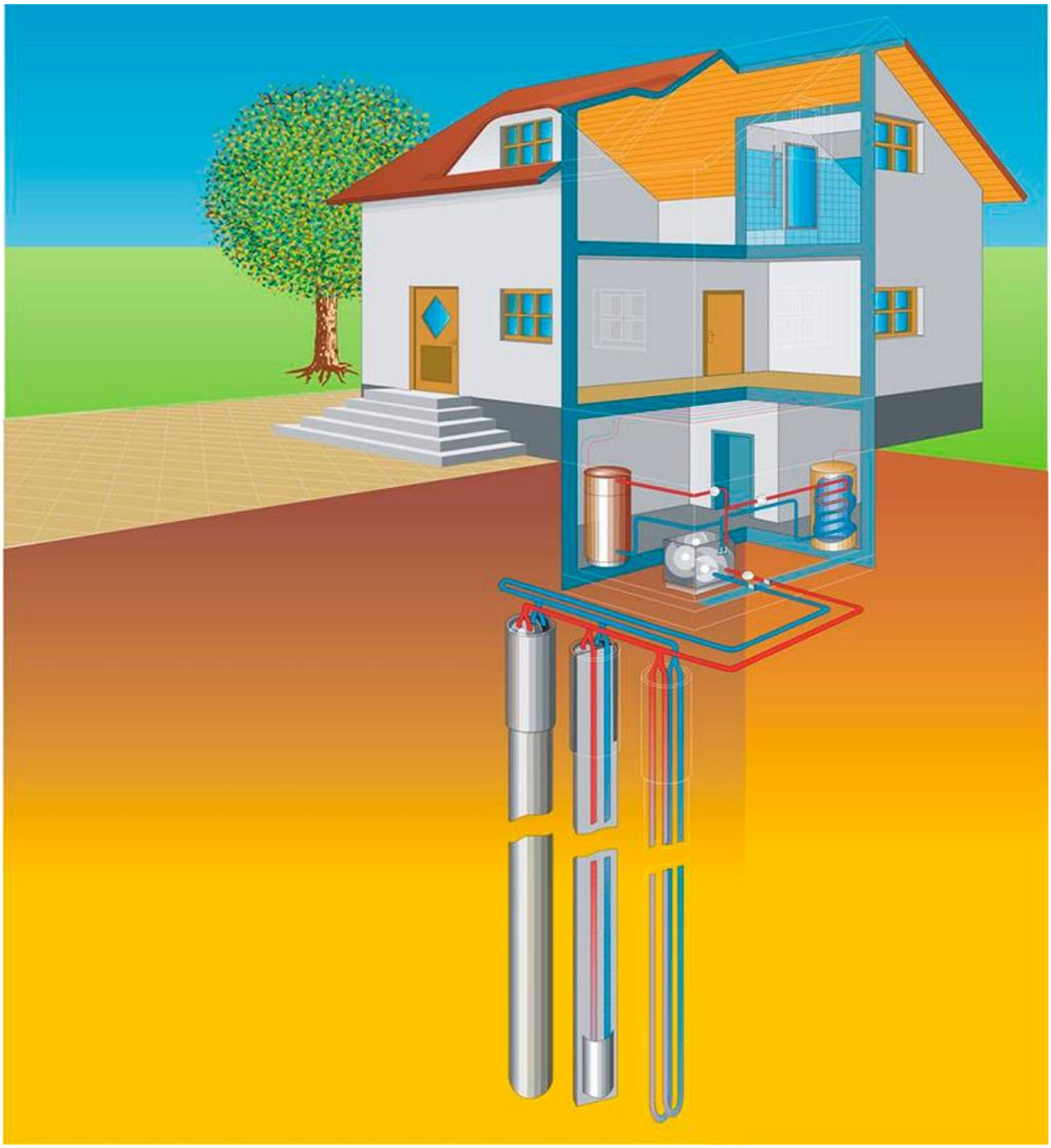


Рис.7. Демонстрація розташування системи геотермального теплопостачання вертикального типу.

Популярність теплових насосів в Європі можна пояснити тим, що вони вважаються найбільш екологічно чистим типом обігрівачів. Для їх роботи не потрібно спалювати вуглеводневе паливо, немає викидів CO_2. Очевидно, вам

не потрібні запаси газу або рідкого палива, покупка дров або деревних гранул. Енергоефективні будинки-це пасивні будинки, які поступово стають нормою будівництва в Європі та вимагають мінімум теплової енергії для опалення; тому рішення на основі теплових насосів малої потужності там дуже популярні. Теплові насоси діляться на геотермальні (ґрунтові) та повітряні. Як випливає з назви, перші використовують тепло ґрунту в якості джерела тепла, другі використовують повітря. Пневматичні теплові насоси дешевше (включаючи установку), але працюють з теплом при температурі не нижче мінус 15ºС. Отже, в наших умовах його використання обмежене.

Геотермальні теплові насоси не мають зовнішніх температурних обмежень. Продуктивність сучасних геотермальних теплових насосів (звана ККД - коефіцієнт корисної дії) досягає 5. Це означає, що на 1 кВт споживаної електричної енергії тепловий насос виробляє 5 кВт тепла [1-31]. .

3.3 Водяні теплові насоси

Водяний тепловий насос "витягує" енергію з підземних вод, яку він прокачує через випарник. Ця система характеризується більшою ефективністю та стабільністю: перша характеристика є результатом високої теплопередачі від води, друга - постійної температури грантових вод.

Очевидно, щоб використовувати цей тип установки, необхідно, щоб ці ж підземні води були доступні на вашій території та в досить великій кількості. Дуже бажано, щоб водоносний шар розташовувався не глибше 30-40м. одночасне виконання цих двох умов – явище нечасте.

Ще однією умовою, невиконання якого може стати перешкодою для установки водяного теплонасосу в вашому пасивному будинку, є низький вміст в грантових водах солей заліза та інших домішок.

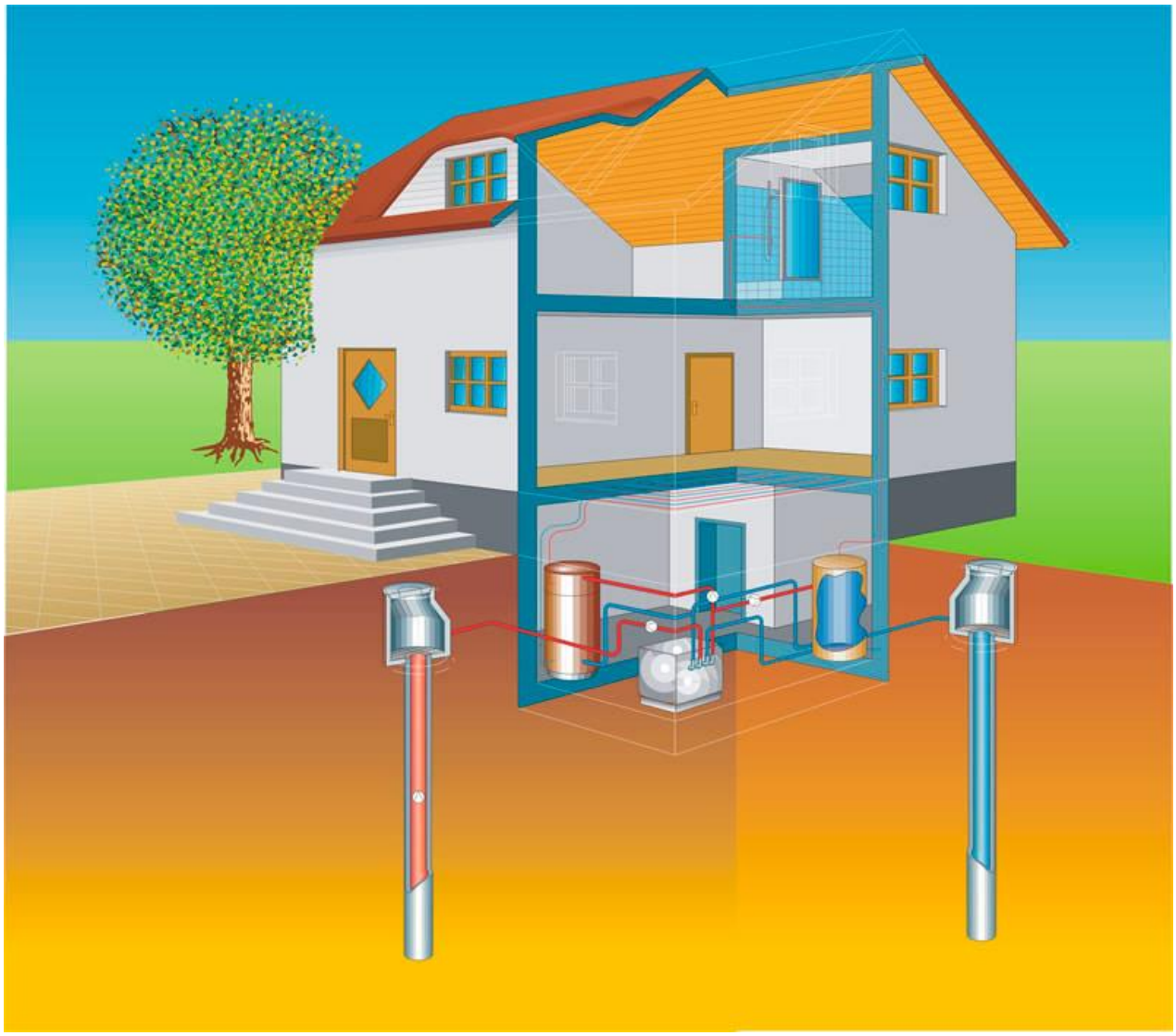


Рис.8. Демонстрація розташування системи геотермального теплопостачання водяного типу.

Використання води низької якості призведе до того, що обладнання швидко вийде з ладу, оскільки теплообмінник просто заб'ється. Наявність такої кількості обмежень є причиною того, що подібні теплові насоси, незважаючи на всю їх привабливість, встановлюють нечасто (близько 5% від усіх реалізованих проектів) [1-31]. .

3.4 Система опалення пасивного будинку за допомогою сонячних колекторів

Головною особливістю сонячних колекторів, яка відрізняє їх від інших типів теплогенераторів, є циклічність їх роботи. Немає Сонця - немає тепла. В результаті такі установки вночі пасивні. Середньодобове вироблення тепла безпосередньо залежить від тривалості денних годин. Останнє залежить, по-перше, від широти місцевості, а по-друге, від сезону. Влітку, коли пік сонячного світла падає в Північній півкулі, колектор буде працювати з максимальною ефективністю. Взимку продуктивність падає до мінімуму в грудні та січні.

Взимку ефективність сонячних колекторів знижується не тільки через скорочення денних годин, але і через зміну кута сонячного світла. Розрахунок його частки в системі теплопостачання повинен враховувати коливання продуктивності сонячного колектору протягом року.

Принцип роботи сонячного водонагрівача простий. Основним конструктивним елементом є адсорбер - мідна пластина з привареною до неї трубкою. Плита (а, отже, труба) поглинає тепло сонячного світла та швидко нагрівається. Це тепло передається рідкому теплоносію, що циркулює по трубі, який, в свою чергу, транспортує його через систему.

Можна збільшити кількість тепла, одержуваного від сонця, шляхом правильного підбору скла, що покриває адсорбер. Звичайне скло недостатньо прозоре. Крім того, ще відблиски, що відображають частину падаючого на нього сонячного світла. У сонячних колекторах, як правило, намагаються використовувати спеціальне скло з низьким вмістом заліза, що підвищує його прозорість. Щоб зменшити частку світла, відбитого від поверхні, на скло наноситься покриття антивідблиску. Та так, щоб пил і волога, які також зменшують пропускну здатність скла, не потрапляли всередину колектору, корпус герметичний, а іноді навіть заповнений інертним газом.

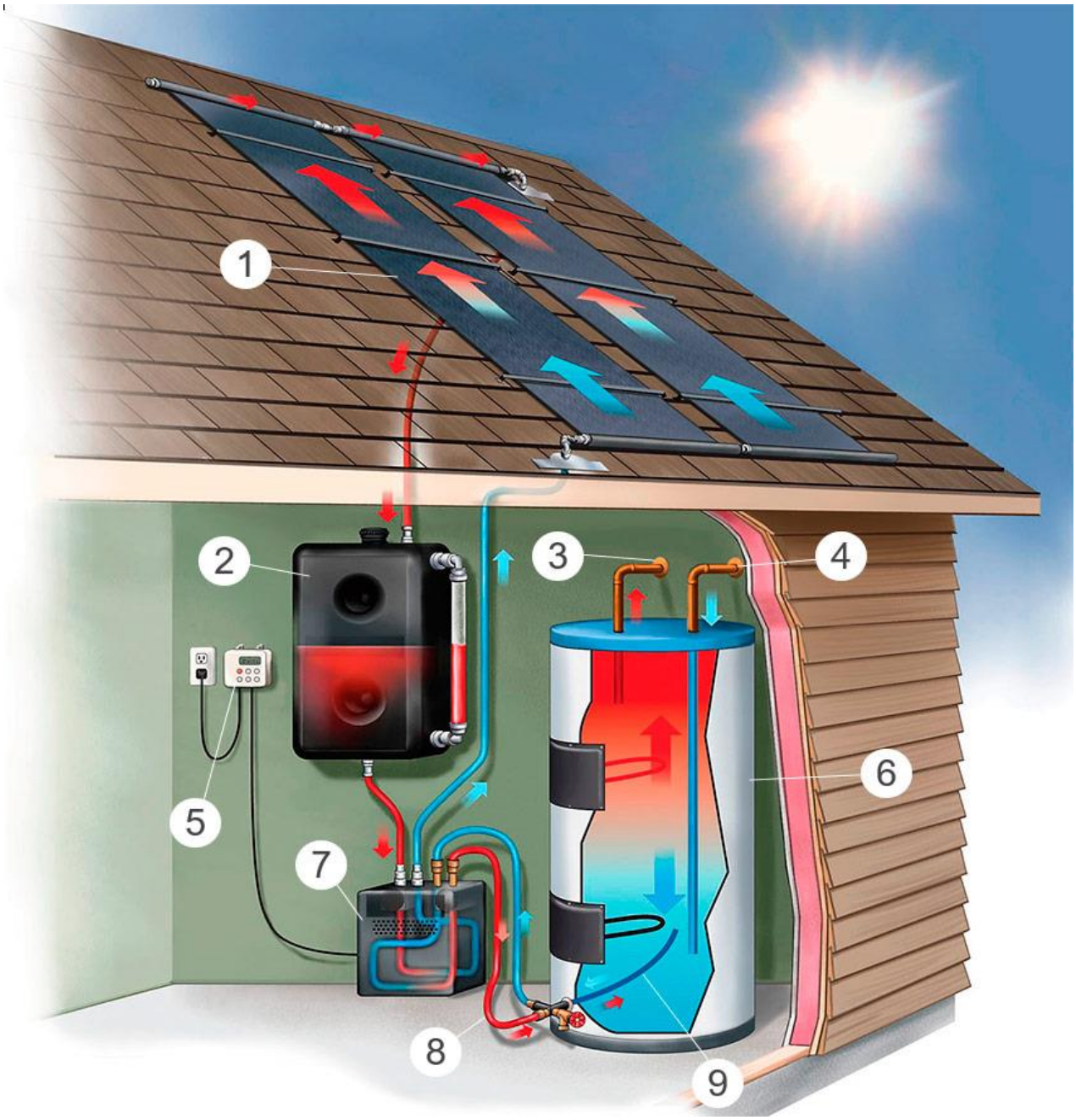


Рис.9. Система обігріву будинку за допомогою сонячного колектору

1. Сонячний колектор.
2. Буферний бак.
3. Гаряча вода.
4. Холодна вода.
5. Контролер.
6. Теплообмінник.
7. Помпа.
8. Гарячий потік.
9. Холодний потік.

Одним з найбільш важливих показників ефективності сонячного колектору є ККД, який показує, скільки сонячного випромінювання, що потрапляє на колектор, може бути перетворено в корисну теплову енергію.

Частина сонячного випромінювання, що надходить в колектор, відбивається та поглинається на склі, а також відбивається на поглиначі. Відношення сонячного випромінювання, прийнятого до колектору, та потужності випромінювання, перетвореної на поглиначі в тепло, визначає оптичну ефективність. Для плоских колекторів, в залежності від типу та виробника, оптична ефективність знаходиться в діапазоні 75-85%. Для вакуумних колекторів цей показник становить 80-83%. З точки зору оптичної ефективності, два типи колекторів приблизно однакові.

Центр передового досвіду в галузі сонячної інженерії Інгольштадтського Університету прикладних наук провів дослідження Сонячної системи опалення приватного будинку на дві сім'ї. Метою проекту є порівняння роботи сучасного трубчастого та сонячного вакуумного колектору для потреб нагріву води та опалення будівлі.

Для дослідження ми вибрали звичайний двоквартирний приватний будинок, розташований в Баварії. Дослідницька лабораторія знаходиться в самому будинку. Тінь від колекторів мінімальна, колектори орієнтовані на південь. Колектори вакуумної трубки встановлені вище плоских і тому менш закриті оглядовим вікном.

Незважаючи на більш низьку номінальну ефективність, плаский сонячний колектор генерував більше теплової енергії для всієї області протягом усього періоду випробувань. Правильно точно порівнювати всю площу колектору, оскільки вся площа колектору зайнята місцем на даху для вироблення тепла, тому слід також брати до уваги грошову вартість для клієнта. Крім того, доступна площа даху часто обмежує кількість колекторів, особливо в системах сонячного опалення, де часто потрібні великі площі колекторів.

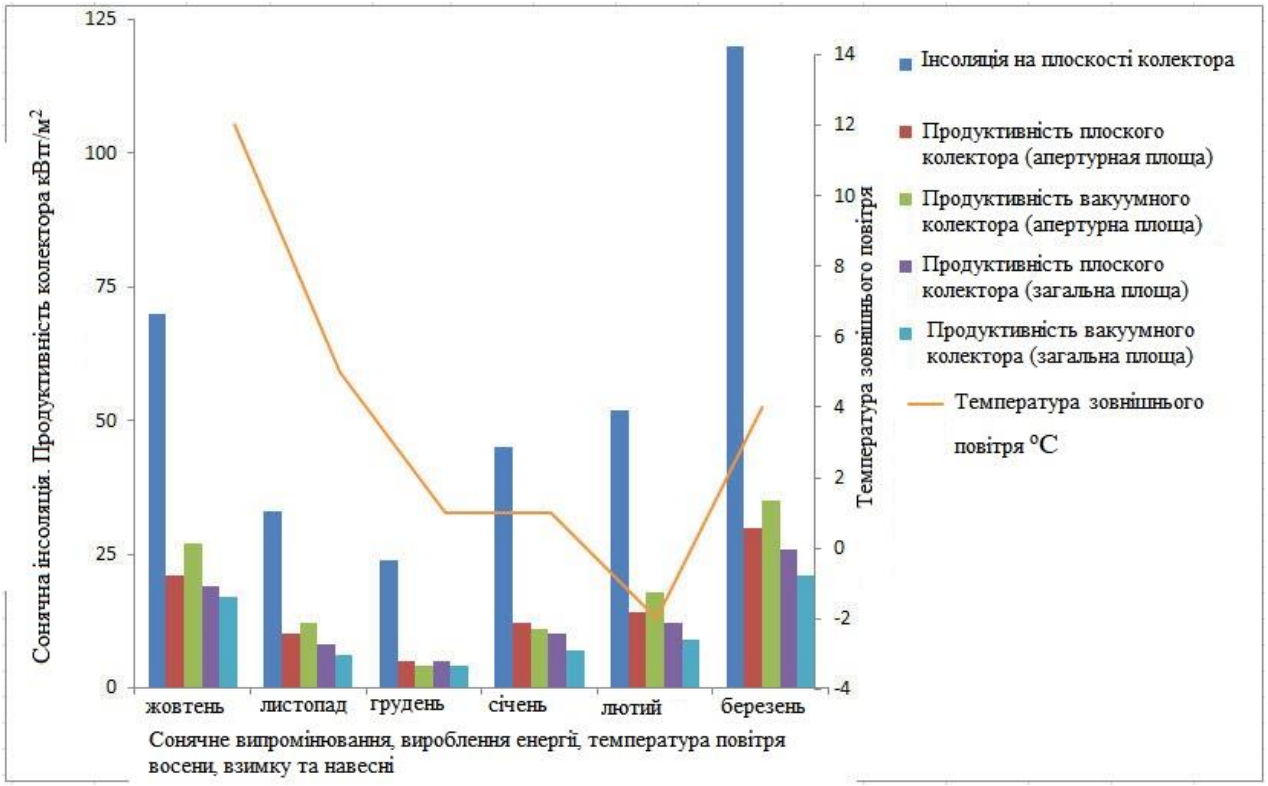


Рис.10. Демонстрація залежності продуктивності сонячного колектору від температури та пори року.

Незважаючи на більш низьку номінальну ефективність, протягом усього періоду випробувань плоский сонячний колектор генерував більше теплової енергії для всієї площі. Правильно точно порівняти загальну площу колектору, так як загальна площа колектору зайнята місцем на даху для вироблення тепла; отже, поточна вартість для власника будівлі також повинна бути прийнята до уваги. Крім того, доступна площа даху часто обмежує кількість колекторів, особливо в системах сонячного опалення, де часто потрібні великі площі колекторів. Вироблення теплової енергії в області апертури колектору вище для вакуумного трубчастого колектору восени та навесні. Хоча очікується, що взимку, коли температура навколишнього середовища буде нижче, вакуумний трубчастий колектор буде генерувати більше тепла, ніж плоский колектор (як

обіцяють виробники). Незважаючи на це, показники вироблення теплової енергії взимку для плоских і вакуумних трубчастих колекторів приблизно рівні.

3.5 Розрахункова частина

Значними перспективами відрізняється перспектива перетворення звичайних будинків на пасивні, або приближення до стандарту пасивного будинку. Досить часто, в таких випадках, впровадження альтернативних джерел енергії стає не рентабельним. Реконструюють будівлю що має погані першочергові енергетичні показники. Для більш наочної демонстрації енергоефективності фасаду звичайного будинку, була вирішена задача на визначення тепловтрати через стіни. Дана задача була вирішена для двох випадків, а саме:

- Для глиняної цегли с висотою 3,5м та довжиною 5,5м з шаром штукатурки 15мм та товщиною 500мм. Друга частина включає шар теплоізоляції із мінеральної вати.
- Для глиняної цегли с висотою 3,5м та довжиною 5,5м з шаром штукатурки 15мм, та товщиною 370мм. Друга частина включає також шар теплоізоляції із мінеральної вати [1-31]..

Вхідні дані:

Цегляна стінка будинку висотою H = 3,5 м і довжиною L = 5,5 м має товщину 500 мм та 370мм. З внутрішнього боку стінка має шар штукатурки завтовшки 15 мм. У першому випадку зовнішня поверхня стіни буде без покриття тепло ізолюючого шару, у другому у якості теплоізоляції буде використана мінеральна вата завтовшки 25мм та коефіцієнтом теплопровідності 0,46 Вт/(м·К). Визначити теплові втрати через стінку та порівняти їх, якщо: коефіцієнт теплопровідності цегли та штукатурки 0,7 і 0,75 Вт/(м·К), відповідно, а внутрішня і зовнішня температури стінки +18 °С і – 15 °С.

Площа поверхні стінки, м^2

$$F=H\cdot L=3,5\cdot 5,5 = 19,25$$

Термічні опори стінки із цегли та штукатурки, (м2·К)/Вт

$$R_{ц1}=\frac{\delta}{\lambda}=\frac{0,5}{0,7}=0,714;$$

$$R_{ц1}=\frac{\delta}{\lambda}=\frac{0,37}{0,7}=0,52;$$

$$R_{ш}=\frac{\delta}{\lambda}=\frac{0,015}{0,75}=0,02;$$

$$R_{м}=\frac{\delta}{\lambda}=\frac{0,025}{0,46}=0,05;$$

Сумарний термічний опір, (м2·К)/Вт для стіни завтовшки 500мм без термоізолюючого шару

$$\sum R = R_{ц1} + R_{ш} = 0,714+0,02=0,734;$$

Сумарний термічний опір, (м2·К)/Вт для стіни завтовшки 370мм без термоізолюючого шару

$$\sum R = R_{ц2} + R_{ш} = 0,714+0,02=0,54;$$

Температурний напір, ^{o}C

$$\Delta t = t_в - t_з=18-(-15)=33$$

Питомий тепловий потік за, Вт/м2

$$q1=\frac{Bt}{\sum R1}=\frac{33}{0.734}=44,9$$

$$q2=\frac{Bt}{\sum R2}=\frac{33}{0.54}=61,1$$

Загальні теплові втрати через стінку (Вт) без термоізолюючого шару

$$Q=q1\cdot F = 44,9\cdot 19,25 = 864,325$$

$$Q=q2 \cdot F = 61{,}1 \cdot 19.25 = 1176{,}175$$

Проведемо розрахунок за умови що зовнішня частина стіни, в обох випадках, у якості теплоізолюючого шару використана мінеральна вата з теплопровідністю 0,46 Вт/(м·К)

$$\sum R = R_{ц1} + R_{ш} + R_{м} = 0{,}714+0{,}02+0{,}05=0{,}784;$$
$$\sum R = R_{ц2} + R_{ш} + R_{м} = 0{,}52+0{,}02+0{,}05=0{,}59;$$

$$q1 = \frac{Bt}{\sum R1} = \frac{33}{0.784} = 42{,}09$$

$$q2 = \frac{Bt}{\sum R2} = \frac{33}{0.59} = 55{,}9$$
$$Q1=q1 \cdot F = 42{,}09 \cdot 19{,}25 = 814{,}232$$
$$Q1=q2 \cdot F = 55{,}9 \cdot 19.25 = 1076{,}075$$

Рекомендується для приближення стандарту пасивного будинку брати до уваги першочергові показники стін будинку [1-31]. .

Висновки

В умовах економічної ситуації в Україні будівництво енергозберігаючих систем стає все більш популярним. Такі будівельні проекти є одними з найдешевших. При будівництві будинків враховується не тільки ціна квадратного метра, але і витрати, які виникнуть в майбутньому при експлуатації будівельного проекту. Матеріальні витрати, які повинні бути вкладені в такий проект, окупляться через кілька років. Пасивний будинок-це правильне вкладення у ваше власне майбутнє.

Враховуючи основні конструкційні особливості пасивного будинку, можна зробити висновок: правильна теплоізоляція будинку та мінімізація теплових мостів дозволить досягти мінімальних тепловтрат, що в свою чергу істотно знизить витрати на опалення, системи теплопостачання в основному базуються на загальноприйнятих класифікаціях прийнятих в Інституті пасивного будинку, а саме використання екологічно чистих систем, таких як: сонячні водонагрівальні установки на базі сонячного колектору, теплові геотермальні насос та тд.

Правильна організація рекуперації повітря всередині приміщення дозволить зберігати внутрішнє тепло значно довше. Враховуючи досвід зарубіжних країн, а також середній рівень річної інсоляції на території України, дозволяють зробити висновок що поступове впровадження енергоефективних споруд типу пасивний будинок виправдано [1-31].

Список використаних джерел

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. № 1071, Київ, 2013. – 166 с.
2. Экспериментальный дом типа «ноль энергии» [Электронный ресурс] / Институт технической теплофизики НАН Украины, отдел теплофизических основ энергосберегающих теплотехнологий. – Режим доступа URL: www://ittf.kiev.ua/ru/экспериментальный-домтипа-ноль-эне/#more-3125 (дата обращения: 12.05.2014).
3. Долінський А.А. Концептуальні основи створення експериментального будинку типу «нуль енергії» [Текст] / А.А. Долінський, Б.І. Басок, О.М. Недбайло, Т.Г. Беляєва, М.А. Хибина, М.В. Ткаченко, М.П. Новіцька // Энергоэффективный дом збірник. – 2013. – Вип. 77. – С. 222 – 227.
4. Гончарук С.М. Створення експериментального энергоефективного будинку пасивного типу «нуль енергії» [Текст] / С.М. Гончарук, М.Ф. Калініна, І.К. Божко та ін.// Пром. теплотехніка – 2014. – Т. 36, №3. – С. 88-95.
5. Сайт архитектурного бюро “Архитектура и Экология” [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://www.ernst.kiev.ua (дата обращения: 12.05.2014).
6. Ернст Т. Екосвідомість нації як перед основа переходу до зеленого будівництва [Текст] / Т. Ернст // Екоінформ. – 2011. – № 6. –С. 8-10.
7. Екологічна концепція будівлі: “пасивний екодім” [Текст] / Т. Ернст // Екоінформ. – 2011. – №9. – С. 47.
8. Сайт предприятия ТЕХНОЛУЧ [Электронный ресурс] / Энергопассивный дом. – Режим доступа URL: http://tehnoluch.com/ (дата обращения: 12.05.2014).

9. Пасивний будинок. Енергоефективність, екологічність, якість комфорт [Электронный ресурс] / Пасивний Будинок Passivhaus Codru Quince. – Режим доступа URL: http://passive house-igua.com/2012/08/07/passivhaus-codruquince-moldov/ (дата обращения: 12.05. 2014).
10. Целлюлозный утеплитель Юнизол [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http:// unisol.com.ua/index.php (дата обращения: 12.05. 2014).
11. RockWool: негорючая изоляция [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http:// www.rockwool.ua/ (дата обращения: 12.05.2014).
12. Celotex [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://www.celotex.co.uk/products/ fr5000 (дата обращения: 12.05.2014).
13. Дмитро Жуков – «Белорусский пассивный дом: To Be, Or Not To Be…» [Текст] // Архитектура и строительство №1 (219) 2011г.
14. Первый пример пассивного дома в Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://realt.by/news/article/10548/ (дата обращения: 12.05.2014).
15. Энергоеффективное здание в г. Горисе открыло двери для 20 семей [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://am.beeca. net/poslednie-novosti/250 (дата обращения: 12. 05.2014).
16. Энергоеффективные дома. История и перспективы развития. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://www.ecology.md/ section.php?section=ecoset&id=4928#.U2jKyoF_ vSn (дата обращения: 12.05.2014).
17. Зеленый маяк – здание задающее новый тренд в эко архитектуре. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://www.lightonline. ru/svet/Architecture/Green_LightHouse.html (дата обращения: 12.05.2014).
18.. Энергоеффективный дом: [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://www. geaudit.ru/stati/energoeffektivniy-dom (дата обращения: 12.05.2014).

19.. Энергоэффективный дом в условиях вечной мерзлоты стал реальностью в Якутии: [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://energodoma.ru/novosti/novosti/932-energo effektivnyj-dom-v-usloviyakh-vechnoj-merzlotystal-realnostyu-v-yakutii (дата обращения: 12.05. 2014).

20.Первый энергоэффективный дом открыт в Алтайском крае. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://www.nanonewsnet.ru/ blog/nikst/pervyi-energoeffektivnyi-dom-otkrytv-altaiskom-krae (дата обращения: 12.05.2014).

21.. Сайт института теплофизики им. С.С. Кутателадзе / Экодом. [Электронный ресурс]. – Режим доступа URL: http://www.itp.nsc.ru/ ecodom/ (дата обращения: 12.05.2014).

22.. Чунтонов В.С. Опыт проектирования экодома и экопоселения [Текст] / В.С. Чунтонов // Научно-практическая конференция «Энергои ресурсоэффективность малоэтажных жилых зданий» Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, Новосибирск, 19–20 марта. – 2013. – С. 23 – 31.

23. Данилов Н.І., Щелоков я.М. енциклопедія енергозбереження.

24.Планк м.теорія теплового випромінювання: Пер. з нім. / М. Планк; під ред. М. А. Ельяшевича. изд. 2-е, стер. М.: КомКнига, 2006.

25. Абрамян с.г., Оганесян о. в. інноваційні технології та матеріали в галузі реконструкції,:: погляд у недалеке майбутнє // Міжнародний Науковий огляд. 2016. № 1

26.Бадьїн г. м. Будівництво та реконструкція малоповерхового енергоефективного будинку. АСТ Москва, 2011. С. 247

27.Казанцев П.А. "основи екологічної архітектури та дизайну", Владивосток: Вид-во ДВДТУ, 2008.

28. В. Файст. "Основні положення з проектування пасивних будинків", Видавництво Асоціації будівельних вузів, 2008.

29. С. Н. Булгаков. "Енергоефективні будівельні системи та технології". Опубліковано в журналі АВОК № 2/1999, рубрика: "енергоефективні будівлі. Технологія".
30. В. Блазі. "Довідник проектувальника. Будівельна фізика". М.: Техносфера, 2005.
31. Тепломасообмін в прикладах та задачах: навчальний посібник./ М.М. Чепурний., М.В. Резидент. – Вінниця ВНТУ, -2011.-128. С.