

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроенерготехніки та автоматики

Кафедра відновлюваних джерел енергії

«На правах рукопису»
УДК 621.311

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
Степан КУДРЯ
« ____ » _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою

«Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

**на тему: «Комплексне застосування архітектурних та технічних
рішень для енергозабезпечення пасивного будинку в режимі
«нульового споживання»»**

Виконав:

студент II курсу, групи ЕД-91мп
Ващенко Катерина Костянтинівна

Науковий керівник:

Ст. викладач, к. т. н.
Вишневська Юлія Павлівна

Консультант з _____:

Рецензент:

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.
Студент _____

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет електроенерготехніки та автоматики
Кафедра відновлюваних джерел енергії

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Степан КУДРЯ

«___»_____2020 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Вашенко Катерині Костянтинівні

1. Тема дисертації: «Комплексне застосування архітектурних та технічних рішень для енергозабезпечення пасивного будинку в режимі «нульового споживання»», науковий керівник дисертації Вишнеvsька Юлія Павлівна, ст. викладач, к. т. н., затверджені наказом по університету від «09» листопада 2020 р. № 3260-с.
2. Термін подання студентом дисертації: «17» грудня 2020 р.
3. Об'єкт дослідження: Процеси генерування, акумулювання і перетворення енергії у комплексній локальній енергосистемі приватного домоволодіння.
4. Вихідні дані: розробити проєкт пасивного будинку з урахуванням архітектурних особливостей та вимог, які висуваються до пасивних будинків.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
 - а) розглянути особливості проєктування пасивних будинків з врахуванням умов місцевості, де розташований будинок;
 - б) проаналізувати нормативні вимоги, що висуваються при проєктуванні пасивних будинків;

- в) розглянути типові конструкції пасивних будинків;
- г) розробити проєкт пасивного будинку з урахуванням кліматичних умов місцевості;
- г) розрахувати тепловтрати пасивного будинку на огороджувальні конструкції;
- д) розрахувати сонячну станцію необхідної потужності для резервного живлення;
- е) розробити схему підключення сонячних панелей до інвертору;
- є) розрахувати термін окупності системи теплозабезпечення;
- ж) розробити стартап;
- з) охорона праці.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

- а) плакат (назва магістерської дисертації);
- б) опис проєкту;
- в) план будинку і опис основних параметрів;
- г) стіна Тромба-Мішеля;
- г) схема підключення фотомодулів до інвертору;
- д) розроблення стартап проєкту та оцінка терміну окупності.

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1 теза в міжнародному науково-технічному журналі молодих учених, аспірантів і студентів «Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики», 2020р. на тему «Розвиток комплексних систем пасивних будинків в режимі «нульового споживання» в Україні».

8. Консультанти розділів дисертації*

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

9. Дата видачі завдання «02» листопада 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Робота з літературою і написання вступу	02.11.2020 – 06.11.2020	

2	Короткий огляд пасивних конструкцій	06.11.2020 – 09.11.2020	
3	Короткий огляд сонячних електростанцій	09.11.2020 – 12.11.2020	
4	Розрахунок теплових втрат будинку	12.11.2020 – 23.11.2020	
5	Вибір обладнання і розрахунок дахової сонячної електростанції	23.11.2020 – 01.12.2020	
6	Розробка стартап-проєкту	01.12.2020 – 07.12.2020	
7	Охорона праці	07.12.2020 – 10.12.2020	
8	Оформлення роботи і підготовка до захисту	10.12.2020 – 15.12.2020	

Студент

Катерина ВАЩЕНКО

Науковий керівник

Юлія ВИШНЕВСЬКА

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається з: аркушів - 91, таблиць – 24, рисунків – 20, перелік посилань – 23, аркушів креслень – 3.

Метою даної роботи є аналіз та комплексне застосування архітектурних та технологічних рішень з використання пасивної енергії сонця для забезпечення опалення та кондиціонування пасивного будинку розташованого у Київській області. У роботі проведений розрахунок стіни Тромба-Мішеля з природною циркуляцією для забезпечення комфортних умов проживання. З метою повністю покрити теплове навантаження будинку був проведений розрахунок резервного джерела живлення – електричних конвекторів. Живлення конвекторів забезпечене за рахунок системи з сонячних модулів.

Об'єкт дослідження. Процеси генерування, акумулювання і перетворювання енергії у комплексній локальній енергосистемі приватного домоволодіння.

Предмет дослідження. Аналіз комплексного використання інженерних, архітектурних та технічних рішень, спрямованих на зниження тепловтрат та реалізації системи пасивного опалення і кондиціонування, а також пошуку оптимального співвідношення пасивних (стіна Тромба-Мішеля) та активних (СЕС на основі фотоелектричних перетворювачів) генеруючих потужностей для досягнення енергозабезпечення у режимі “нульового споживання” протягом року.

Наукова новизна. Сукупність інженерних, архітектурних та технічних рішень, які дають змогу реалізувати енергозабезпечення пасивного будинку в режимі нульового нетто споживання в кліматичних умовах Київської області.

Ключові слова: пасивний будинок, стіна Тромба-Мішеля, сонячна електростанція, тепловтрати.

ABSTRACT

The master's thesis consists of: sheets – 91, tables – 24, drawings – 20, list of references – 23, sheets of drawings – 3.

The purpose of this work is the analysis and integrated application of architectural and technological concepts for the use of passive solar energy to provide heating and air conditioning of a passive house located in the Kyiv region. In the work the calculation of the Trombe wall with natural ventilation to provide comfortable living conditions was performed. With the purpose of full covering of heat load of the house calculation of reserve power supply (electric convectors) was conducted. The convectors were powered by a system of solar modules.

Object of study. The processes of generation, storage and transformation of energy in a complex local energy system of a private household.

Subject of study. Analysis of comprehensive use of engineering, architectural and technical concepts aimed to reduce heat losses and implementation of passive heating and air conditioning, as well as finding the optimal ratio of passive (Trombe wall) and active (SPP based on photovoltaic converters) generating capacity to achieve energy supply in "zero consumption" mode during the year.

Scientific novelty. Set of engineering, architectural and technical solutions to realize power supply of a passive house in a mode of zero net consumption in the climate conditions of the Kyiv region.

Key words: passive house, Trombe wall, solar power plant, heat losses.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	9
ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПАСИВНИХ БУДИНКІВ	12
1.1 Поняття «пасивний будинок» та історія створення концепції пасивного будинку ..	13
1.2 Міжнародні стандарти пасивних будинків.....	15
1.3 Типи конструкцій	18
1.3.1 Принцип компактності	19
1.3.2 Розташування приміщень.....	20
1.3.3 Заглиблене житло.....	21
1.3.4 Розміщення теплиць та інших накопичувачів енергії	22
1.3.5 Стіна Тромба-Мішеля	24
1.4 Вибір матеріалів для будівництва пасивного будинку	27
1.5 Додаткові електротехнічні рішення для пасивних будинків	30
Висновок до розділу 1	33
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ПАСИВНОГО БУДИНКУ. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВТРАТ	34
2.1 Розташування та опис об'єкту	35
2.2 Кліматичні характеристики області	37
2.3 Вибір ізолюючих матеріалів для будівництва	39
2.4 Розрахунок стіни Тромба-Мішеля.....	45
2.5 Розрахунок теплових втрат будівлі.....	49
Висновок до розділу 2	58
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК РЕЗЕРВНОГО ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ	59
3.1 Розрахунок мережевої сонячної електростанції	60
3.2 Вибір сонячних модулів.....	66
3.3 Вибір інвертору	68
Висновок до розділу 3	71
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	72
4.1 Вимоги під час будівництва	73
4.2 Пожежна безпека	75
4.2.1 Локальні пристрої для гасіння пожежі	75
4.2.2 Системні пристрої.....	76
4.3 Охорона праці при встановленні сонячних панелей	77
4.4 Експлуатація сонячних батарей	79
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	81

5.1 Мета розробки стартапу	82
5.2 Ідея стартап-проєкту.....	82
5.3 Тарифи на електроенергію та газ.....	84
5.4 Технологічний аудит стартап-проєкту	84
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	88
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	89

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ЄС – Європейський Союз

ВДЕ – відновлювальні джерела енергії

ДБН – Державні будівельні норми

ДСТУ – Державний стандарт України

ЗУ – закон України

ISO – International Organization for Standardization

CO₂ – вуглекислий газ

U – коефіцієнт теплопередачі

t_{co} - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період

D - Кількість градусо-днів опалювального періоду

t_{вн} - розрахункова температура внутрішнього повітря

R – опір теплопередачі

Q – споживання теплової енергії/теплові втрати

ВСТУП

Аналіз втрат теплової енергії, за даними МЖКГ України, ілюструє, що найбільші втрати можна спостерігати при експлуатації житлових будинків – 30...45% (для порівняння на котельних – 15%, а на зовнішніх теплових мережах – 15...25%). У звичайному будинку тепловтрати розподіляються наступним чином: через зовнішні стіни – 26%, вікна та двері – 35%, дах – 26%, підлога – 10%. Одним з шляхів комплексного вирішення проблеми енергозбереження являється будівництво енергоефективних, пасивних будівель, будинків «нуль енергії».

У Європейському Союзі вирішення проблеми енергоефективності, зокрема, житлового фонду було взято під контроль наприкінці 1990-х. А вже до 2050 року всі будівлі країн – членів ЄС мають бути доведені до стандарту майже нульового споживання енергії. Це стосується новобудов і, також, старих будинків.

Головною перевагою енергоефективних будівель є економне споживання енергії, що відповідно призводить до підвищення енергозбереження, зниження цін на комунальні платежі та зменшення екологічних втрат.

За міжнародними стандартами Україна є однією з найбільш неефективних споживачів енергії. Це пов'язано із застарілими технологіями, а також неефективними системами централізованого теплопостачання. Вона сильно поступається європейським країнам. Для порівняння: у Німеччині в середньому на 1 м² житла споживається 90 кВт·год на рік, тоді як в Україні цей показник перевищує 300 кВт·год.

Однак, Україна почала робити перші кроки на шляху до переходу на енергоефективні будівлі, прийнявши відповідний закон і державні будівельні норми (ДБН), у яких були враховані нові зміни.

Так, згідно з ДБН щодо проектування висотних будівель (до 50 поверхів), усі житлові будинки повинні проектуватися з класом енергоефективності не

нижче «В». Усього в класифікації їх сім – від класу «А» (висока енергоефективність) до «G» (повна її відсутність).

Згідно даних ООН, на утримання житлового фонду йде приблизно 40% глобальної енергії, і на нього припадає близько 1/3 світових викидів парникових газів. У зв'язку з цим екодевелопмент – ключовий напрям кліматичної політики низки країн, де грамотна концепція енергоефективного будівництва є запорукою зменшення шкідливих викидів в атмосферу.

В даній магістерській дисертації проаналізовані технології, що забезпечать економію теплової енергії на опалення, а також впровадження активних сонячних систем для зменшення споживання електроенергії. Комбінація цих конструкційних та технічних рішень забезпечить незалежність теплопостачання та зменшить шкідливий вплив на навколишнє середовище за рахунок впровадження «чистих» технологій.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПАСИВНИХ БУДИНКІВ

1.1 Поняття «пасивний будинок» та історія створення концепції пасивного будинку

Пасивний Будинок (Passivhaus нім. мовою, Passive House англ. мовою) – це будівельний стандарт, який є енергоефективним, створює комфортні умови для проживання, водночас є економічним і спричиняє мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище.

Точне визначення стандарту Пасивного Будинку (PHI): «Пасивний Будинок — це будівля, в якій тепловий комфорт (ISO 7730) досягається виключно за рахунок додаткового попереднього підігріву (або охолодження) маси свіжого повітря, необхідного для підтримання в приміщеннях повітря високої якості, без його додаткової рециркуляції». [1]

Це визначення є суто функціональним, тобто воно не містить ніяких цифрових даних і підходить для будь-якого клімату. Таке визначення свідчить, що в основі Пасивного Будинку лежить не якийсь певний стандарт, а засаднича концепція.

Пасивні Будинки не були «винайдені». Принципи Пасивного Будинку були виявлені. Стосовно сумнівів, чи є термін «Пасивний Будинок» точним визначенням цієї концепції: наразі не існує жодного іншого терміну, який більш точно відповідав би концепції Пасивного Будинку.

Пасивне будівництво досягає енергоефективності насамперед завдяки герметичному огороженню (фізичні конструкції, такі як стіни, дахи та вікна, що розділяють зовнішні та внутрішні приміщення будівлі). Щоб підтримувати стабільні та комфортні температури в приміщенні протягом року, пасивні будівлі використовують високоефективні вікна, додаткову ізоляцію та враховують орієнтацію вікон у своєму дизайні. Пасивні будівлі також використовують вентиляційні системи з рекуперацією тепла та вологи для підвищення якості та ефективності повітря. Пасивні будинки використовують до 85 відсотків менше енергії для опалення та охолодження, ніж середні будинки.

Інноваційні концепції руху пасивного дому виникли в США та Канаді після нафтового ембарго 1973 року. Ембарго потроїло ціни на нафту і відправило США в енергетичну кризу. Ця криза змусила групу інженерів та архітекторів з Університету Іллінойсу в Урбана-Шампейн, Ради малих будинків спроектувати будинок Lo-Cal у 1976 році. Використовуючи принцип високоізолюваної конструкції будинку, будинок Lo-Cal споживав на 60 відсотків менше енергії ніж більшість найефективніших будівель того часу. Будинок Lo-Cal суттєво вплинув на дизайн канадського Будинку енергозбереження в Саскачевані, який зміг ще більше зменшити втрати енергії та пікові навантаження. У 1982 році американський фізик Вільям Шуркліф опублікував свою книгу "Дім Сондерса-Шрусбері", в якій він вперше окреслює поняття суперізоляції та пасивної сонячної енергії як "пасивний будинок".

Ідея Стандарту Пасивного Будинку (Passivhaus) виникла у травні 1988 під час спілкування між професорами Бо Адамсоном (Bo Adamson) з Лундського університету у Швеції та Вольфгангом Фейстом (Wolfgang Feist) з Institut für Wohnen und Umwelt (Інститут з Житлового Будівництва і Навколишнього Середовища) у Німеччині. Концепція Пасивного Будинку була розроблена на основі численних науково-дослідних проектів за фінансової підтримки земель Гессен, Німеччина. Вольфганг Фейст вдосконалив дизайн пасивного будинку, щоб підвищити ефективність, і розробив пасивний будинок з річною потребою в опаленні 15 кВт·год на квадратний метр житлової площі. Це стало визначальним показником після того, як Фейст заснував Інститут Пасивного Будинку (Passivhaus Institute (PHI)) та створив стандарт ефективності Пасивного Будинку, який сьогодні вважають найсуворішим стандартом енергоефективності. Спираючись на ці дослідження та за допомогою архітекторів Ботта та Ріддера, Фейст побудував перший Пасивний будинок в Дармштадті, Німеччина в 1991 році (рис. 1.1). Тим самим Фейст продемонстрував бачення майбутнього будівництва, яке поєднувало

енергоефективність і стійкість, з оптимальним комфортом, доступністю та хорошою якістю повітря в приміщенні. [2]



Рисунок 1.1 - Перший Пасивний будинок в Дармштадті

На сьогодні, терасний будинок Дармштадт-Кранішштайн, в якому проживають чотири сім'ї, досі функціонує в точності, як було заплановано більш ніж через два десятиліття: вимірюване річне споживання енергії постійно з року в рік становило менше 15 кВт·год на квадратний метр житлової площі.

1.2 Міжнародні стандарти пасивних будинків

Стандарт Пасивного Будинку є міжнародним, застосовним та економічно доцільним майже у всіх населених кліматичних зонах земної кулі. Дослідження Інституту Пасивного Будинку, такі як «Пасивні будинки для різних кліматичних зон», «Пасивні будинки в тропічному кліматі» та «Пасивні будинки в Південно-Західній Європі», показали, що принципи пасивного дому залишаються чинними та можуть ефективно застосовуватися на міжнародному рівні. Свідченням цього є тисячі пасивних будинків, побудованих у понад 45 країнах світу. Будівництво за стандартом пасивного

будинку в будь-якому кліматі - це просто питання оптимізації дизайну з урахуванням місцевих умов - завдання, яке полегшується пакетом планування пасивного будинку (PHPP), енергетичним балансом пасивного будинку та інструментом проектування будівель. Однак, щоб будівля вважалася пасивним будинком, вона повинна відповідати наступним критеріям представленим в Таблиці 1.1. [1]

Таблиця 1.1 – Критерії Пасивного Будинку

Попит на опалення приміщення	Не перевищувати 15 кВт·год щорічно або 10 Вт (піковий попит) на м ² корисної житлової площі
Попит на охолодження приміщення	Приблизно відповідає потребі тепла з додатковою, залежною від клімату нормою зволоження
Попит на первинну енергію	Не перевищувати 120 кВт·год щороку для всіх побутових потреб (опалення, охолодження, гаряча вода та побутова електроенергія) на м ² корисної житлової площі
Герметичність	Макимум 0,6 повітрообміну в годину при тиску 50 Па (як перевірено при випробуванні на місці під тиском, так і без тиску)
Тепловий комфорт	Тепловий комфорт повинен бути забезпечений у всіх житлових зонах цілий рік, при цьому не більше 10% годин у будь-який рік при температурі понад 25°C

Структура системи енергопостачання швидко розвивається і переходить від копалин до поновлюваних джерел енергії. Старі системи оцінювання споживання енергії будівлями призначені для старої системи енергопостачання і за новими стандартами більше не працюють. Тому Інститут пасивного будинку розробив систему "Відновлюваної первинної енергії (PER / Primary Energy Renewable)" і сучасну систему оцінювання споживання енергії, яка зможе забезпечити правильну і справедливую оцінку вироблення енергії в будівлі. Ґрунтуючись на цій системі, були створені три класи пасивних будинків:

Пасивний дім Класік: цей клас відповідає стандарту звичайного пасивного будинку.

Пасивний дім Плюс: генерує додаткову енергію, наприклад, за допомогою фотовольтаїки. Що стосується одноквартирного будинку, то він має "збалансований" енергобаланс: згідно аналізу балансу всього року сума енергії, що генерується, приблизно дорівнює сумі необхідної енергії.

Пасивний будинок Преміум: генерує значно більше енергії, ніж йому необхідно. Тому цей клас для особливо амбітних, а саме для забудовників і планувальників, які бажають зробити більше за рекомендоване за економічними і екологічними міркуваннями.

Крім того, в європейських країнах треба обов'язково вказувати в паспорті кожної споруди клас її енергоефективності, щоб легко можна було вирахувати витрати на обслуговування будівлі (Таблиця 1.2). [3]

В Україні культура будівництва енергоефективних будинків починає активно розвиватися. Однак більшість новобудов відповідають класу «нові будівлі», а значить річні втрати тепла приблизно дорівнюють 150 кВт·год / м². Крім нанесення шкоди навколишньому середовищу, експлуатація такого житла не вигідна тим, хто сплачує платіжки за опалення.

Директива Європейського Союзу 2002/91 / ЄС про енергетичні показники у будівництві (EPBD) зобов'язує всі країни-члени ЄС зводити новобудови з нульовим рівнем енергоспоживання.

Таблиця 1.2 – Кількість енергії, яка споживається будівлями для їх опалення та охолодження

Тип будівлі	Енергоспоживання (кВт·год/м² за рік)	Законодавчо дозволені у Європі (роки)
Стара будівля	300	≤ 1970
Нова будівля	150	1970 — 2002
Будова низького споживання енергії	60	2002 — 2019
Пасивний будинок	15	2019 — 2020
Будинок нульового енергоспоживання	0	немає обмежень
Активний будинок	виробляє енергію	немає обмежень

1.3 Типи конструкцій

Конструкції будь-яких двох пасивних будинків у різних частинах світу можуть виглядати зовсім по-різному. Це може бути пов'язано з різними смаками, будівельними традиціями та кліматичними умовами. Однак керівним принципом залишається зменшення пікових навантажень до точки, при якій будівлю можна нагрівати та / або охолоджувати свіжим повітрям, яке в будь-якому випадку повинно бути подане для забезпечення гарної якості повітря. Коли це буде зроблено, можна забезпечити як сприятливу якість повітря, так і комфортні температури.

Однак, існують певні конструкційні особливості, які допомагають задовільнити умови Стандарту Пасивний Будинок.

1.3.1 Принцип компактності

Одним із головних критеріїв пасивного будинку є компактність будівлі. Стандарти будівництва пасивного будинку вимагають певного співвідношення A/V (площа огороджувальної поверхні або «оболонки» будівлі ділиться на сумарний об'єм приміщень, у результаті отримують коефіцієнт площі огороджувальної поверхні споруди). Цей показник повинен бути якомога меншим. Сутність даного розрахунку у тому, що кожна будівля впродовж опалювального сезону втрачає через свою зовнішню огороджувальну поверхню цінне тепло. Будівлі з компактною об'ємно-планувальною структурою мають найнижчі показники теплових втрат тому, що великий внутрішній об'єм приміщень обмежено мінімальною площею зовнішньої поверхні. Застосування будь-яких виступаючих архітектурних конструкцій, (балконів, терас, навісів тощо) по можливості слід уникати тому, що вони збільшують огороджувальну поверхню будівлі, при цьому майже не збільшуючи внутрішнього об'єму будинку.

Найоптимальнішою формою пасивної споруди визнано чотирикутний паралелепіпед із класичним двоскатним дахом. Рекомендується також наближена до квадрата форма плану з мінімальним периметром зовнішніх стін. Завдяки більш низькому коефіцієнту площі поверхні будинки рядової забудови, а також багатоквартирні будинки, мають переваги перед односімейними приватними будинками, розташованими відокремлено.

Натомість, одноквартирні житлові будинки відрізняються більшим різноманіттям об'ємно-планувальних рішень. Завдяки вільному розташуванню на ділянці та відсутності затінення сусідніми будівлями, вони можуть мати будь-яку форму плану та орієнтацію. [4]

1.3.2 Розташування приміщень

Розташування приміщень слід виконувати у такий спосіб, щоб була можливість використання ранкового сонячного світла для освітлення кухні, спальні, зимового сонячного світла - для вітальні, крім того доцільно використовувати підсобні приміщення та гаражі в якості додаткових північних і західних буферних просторів.

Потребу внутрішніх просторів в обігріванні й освітленні легше всього можна забезпечити у тому випадку, коли більшість приміщень буде розташовуватися біля південного фасаду. Приміщення, що виконують різні функції, потребують різного об'єму обігрівання та освітлення. Кухня, наприклад, під час приготування їжі значно нагрівається від працюючої плити, духовки або інших побутових пристроїв. Якщо дім приєднано до центрального опалення, ця обставина повинна враховуватися при розрахунку опалювальних батарей. Кухня - джерело великої кількості пару, тому небезпеку конденсації пару слід знижувати шляхом обігрівання, теплоізоляції, вентиляції.

Спальня не потребує стільки тепла, як вітальня або кабінет, адже цим приміщенням користуються вночі. Якщо у спальні сплять декілька чоловік, там підвищується рівень вологості і при цьому також виникає небезпека випадіння пару. Визначивши, які приміщення потребують більше тепла, а які – менше, площу будинку необхідно розділити на «температурні зони». Приміщення, які вимагають приблизно однакову кількість тепла, об'єднують в одну зону.

У найтеплішу, зорієнтовану на південь, зону доцільно включати такі приміщення: вітальню, їдальню, кабінет, дитячу кімнату (якщо дитина в ній не спить, а займається та грається). У зону з середньою температурою, або у так звану «перехідну зону», поміщають коридори, кухню-їдальню, побутову кімнату тощо. До зони з найнижчою температурою відносяться приміщення, що виконують всі інші функції: спальні, гардеробна, ванна, туалет, кухня, комори, гараж, майстерня.

1.3.3 Заглиблене житло

Задовольнити вимоги стандартів з енергетики буде простіше, якщо більша частина поверхонь, що огороджують опалюваний простір, прилягатиме до ґрунту. Тому на похилому рельєфі буферну зону часто роблять утопленою у ґрунт, але нерідко застосовують і засипання, наприклад, на плоских дахах, на яких висаджують рослини (Рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Будинок побудований на похилому рельєфі

Будівлі, котрі за проектом розташовуються на плоскому рельєфі, можна зробити придатними для проживання у тому випадку, коли конструкція північної стіни буде мати посилену теплоізоляцію та хорошу герметичність, а вікна та інші отвори – мінімальну поверхню. Похилий рельєф дає кращі можливості для усунення несприятливих погодних впливів. Якщо схил звернений на південну, південно-східну, південно-західну сторони, то північну сторону будинку, використовуючи умови рельєфу, можна повністю або частково «утопити» в ґрунт. В Європі часто застосовується рішення, коли дах будівлі (скатний або плоский) вкривається шаром землі. Це ідеальна теплоізоляція як від охолодження у зимовий, так і від перегрівання у літній

періоди. На плоских ділянках використовується земляне підсіпання, що імітує заглиблення у ґрунт. [4]

1.3.4 Розміщення теплиць та інших накопичувачів енергії

Серед архітекторів і інвесторів все більшої популярності набуває компонування житлового будинку із зашкеними буферними зонами – зимовим садом, верандами, лоджіями та теплицями. Таку тенденцію підтримують проектні й виконавчі фірми, пропонуючи естетично виконані присадибні теплиці. Запроектована та розташована належним чином теплиця може забезпечити до 50% потреб будинку в опаленні. Існують одноповерхові теплиці (Рис. 1.3): зима, теплиця ізолювана від будинку (а); зима, теплиця обігриває нижній поверх через відкриті двері (б); літо, теплиця допомагає охолодженню нижнього поверху, підсмоктуючи повітря через північні вікна (в).

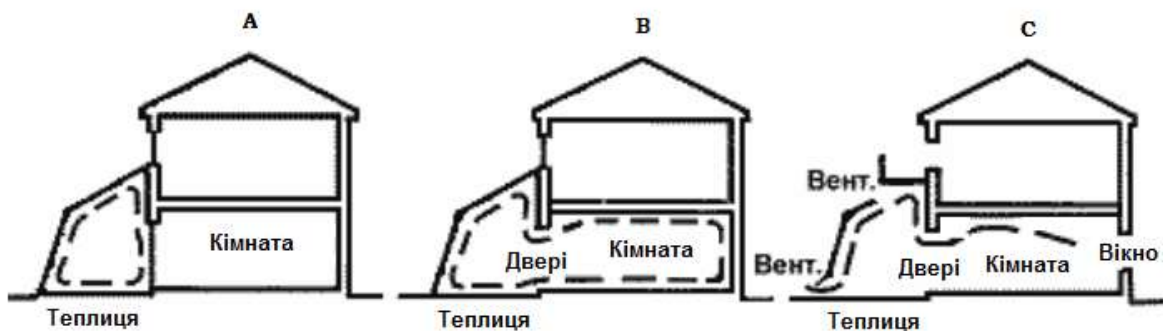


Рисунок 1.3 – Одноповерхові теплиці

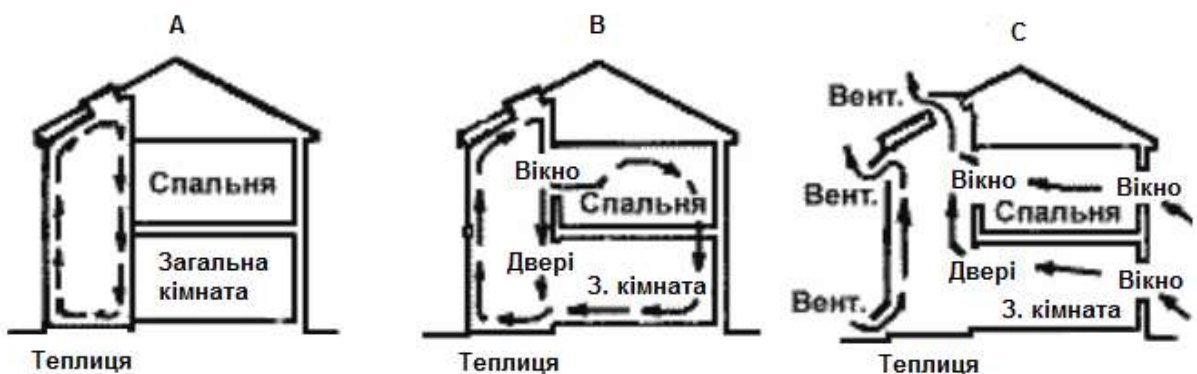


Рисунок 1.4 – Двоповерхові теплиці

Також, існує інше конструкційне рішення - двоповерхова теплиця (Рис. 1.4): зима, теплиця ізольована від будинку (а); зима, теплиця обігриває обидва поверху будинку (б); літо, теплиця допомагає охолодження обох поверхів будинку (в). [5]

У випадку, коли планують включити у проект теплицю, попередньо необхідно визначити головну функцію даного приміщення. Проектні вимоги для продовольчої теплиці, житлового приміщення та допоміжного сонячного нагрівача різні, хоча можна побудувати теплицю, у якій було б об'єднано всі три функції. Розташовувати теплицю доцільно з південного боку. Якщо вона має застелений дах, у ньому слід використати тепловідбиваюче скло для запобігання перегрівання у літній час. Площа теплоакуючої маси, розташованої у теплиці, повинна приблизно у три рази перевищувати площу застелення.

Якщо теплиця використовується як колектор сонячного опалення, максимальна ефективність буде досягнута при похилому застеленні, малій кількості рослин (стійких до перегрівання) і теплоізолюваних незастелених торцевих стінах. Більшу кількість надходження теплової енергії у житлові приміщення буде отримано, якщо у теплиці будуть відсутні рослини, які поглинають велику кількість теплоти. Нагріте сонцем повітря може бути переміщене у будинок через двері або відкриті вікна у суміжній з теплицею стіні, а також передане по повітроводу у більш віддалені приміщення будівлі.

Якщо теплиця є житловим приміщенням, необхідно проаналізувати комфорт, зручність і свободу простору у доповнення до енергетичної ефективності. Кімната, у якій планують проживати, повинна бути теплою взимку, прохолодною влітку, мати невисоку контрастність освітлення та помірну вологість. Тому використання житлових приміщень в якості теплиці потребує особливо ретельного моделювання кліматичного режиму або використання сонцезахисних пристроїв, які регулюють інсоляційний режим.

Вертикальне застелення є найкращим і найпоширенішим з різних причин. Перш за все, хоча похиле застелення уловлює більшу кількість теплоти, проте

взимку воно також втрачає велику кількість теплоти у нічний час, що зводить нанівець отримання денного тепла. Застосування похилого засклення також може призвести до перегрівання у більш теплу погоду, звичайно весною та восени, коли житлові приміщення не потребують опалення. Вертикальне засклення південної стіни набагато більше відповідає вимогам опалювального навантаження. Воно ефективно взимку, коли сонце знаходиться низько над горизонтом і дозволяє зменшити надходження сонячного тепла, коли сонце знаходиться поблизу зеніта у літній час.

Добре запроектований карниз над південним заскленням – все, що необхідно, щоб затінити його від сонячних променів, коли приміщення не потребує додаткового теплонадходження. Вертикальне засклення також є дешевшим і простішим у монтажі та ізоляції. Воно не має схильності до протікання, конденсату і полумок. Для мінімізації нічних втрат теплоти та підвищення комфорту (тіло людини також випромінює тепло у напрямку холодних поверхонь) можна застосувати рухому теплоізоляцію вікна (наприклад, віконниці), або вирішити питання з установленням енергоефективних склопакетів. [5]

1.3.5 Стіна Тромба-Мішеля

Ще одним типом пасивного сонячного будинку є будинок з непрямим обігрівом, в якому енергія вловлюється і запасється в одній зоні будинку і використовується природне переміщення теплоти для нагрівання інших зон будинку. Один з найбільш винахідливих проектів непрямого обігріву використовує теплоакумулюючу стіну або стіну Тромба-Мішеля, розташовану на відстані 75 ... 100 мм від скління південній орієнтації. Ця стіна зводиться з матеріалів високої щільності: камінь, цегла, цегла-сирець, наповнені водою контейнери і фарбовані в темні тони (чорний, темно-червоний, коричневий, фіолетовий або зелений) для більш ефективного поглинання сонячної радіації.

Деякі проектувальники використовують матеріали з селективної поверхнею, що дозволяють збільшити поглинальну здатність стіни до 90% в

порівнянні з 60% для пофарбованої поверхні. Селективне покриття являє собою тонкий лист мідної фольги, на який наноситься шар хрому і шар окису міді чорного кольору, для якого властива висока поглинаюча здатність сонячного світла. Ці матеріали допомагають стіні Тромба-Мішеля поглинати радіаційну теплоту і в значній мірі знижувати кількість теплоти, що втрачається за допомогою випромінювання в навколишнє середовище в нічний час. Залежно від покриття стіни Тромба застосовується різне огороджувальне скління:

- селективне покриття - одношарове скління стіни;
- пофарбована поверхня - подвійне скління стіни. [5]

Теплота, зібрана і акумульована в стіні протягом дня, може потім повільно випромінюватися в приміщення майже добу. Стіна Тромбу забезпечує ефективне сонячне опалення без пошкодження ультрафіолетовим випромінюванням оббивних і драпірованих тканин і дерев'яної обробки на відміну від будинків з системою прямого сонячного обігріву. Стіни Тромба-Мішеля забезпечують візуальний захист там, де це необхідно, але оглядові повноцінні вікна у стіні також допустимі при проєктуванні будинку.

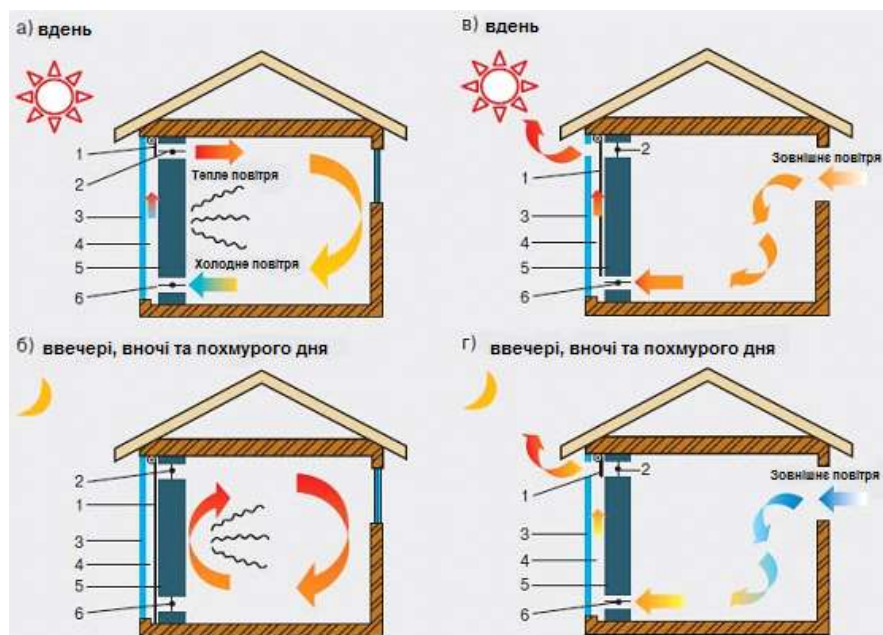


Рисунок 1.5 – Схема влаштування пасивної системи сонячного тепlopостачання (вдосконалений варіант) із застосуванням стіни Тромба:
а) -б) робота в зимовий період; в) -г) робота в літній період

Схематичне зображення функціонування стіни наведено на Рис. 1.5, де 1 – штора, 2 – верхній повітряний клапан, 3 – скляна перегородка, 4 – повітряний прошарок, 5 – масивна стіна Тромба-Мішеля, 6 – нижній повітряний клапан.

Стіну Тромба розробив Едвард Морзе в 1881 р, а французький професор Фелікс Тромб віродив цю ідею в 1960 році. Зазвичай, це товста стіна (кам'яна, бетонна або цегляна) з темною поглинаючою поверхнею, захищена ззовні одним або двома шарами скла. На рівні підлоги та стелі розташовані отвори (продухи) для входу і виходу повітря. Радіація поглинається поверхнею стіни, вона нагрівається і, в свою чергу, нагріває повітря у прошарку між стіною та склом. Повітря розширюється, стає легшим, і починається термосифонна циркуляція, у результаті якої тепле повітря потрапляє в кімнату через верхні продухи і, нагріваючи кімнату, саме охолоджується і через продух біля рівня підлоги знову поступає до геліоприймача, після чого цикл повторюється. Перший експериментальний дім, у якому використано цей метод, було зведено на Піренеях в 1962 р. Ще один типовий приклад – «Сонячне шале» в Одейло (арх. Ф.Тромб і Дж. Мішель, 1968 р.). [6]

Стіну Тромба можна застосовувати при проектуванні двоповерхових будинків, однак при цьому енергія теплоти буде більш поширюватися на верхній поверх, тобто на нижньому поверсі буде більш прохолодно, а на верхньому - більш тепло.

Тому при проектуванні будинку, зокрема його плануванні слід цю особливість врахувати, і розташувати на другому поверсі такі приміщення, в яких мешканці будинку будуть більше проводити час: а це може бути:

- кухня;
- вітальня;
- ігрова кімната;
- особистий кабінет.

На першому поверсі можна розташувати спальні, підсобні приміщення - комори і гардеробні.

Розташування стіни під кутом 10 ... 20 ° до поверхні підвищить ефективність влаштування. А при розташуванні будинку на ділянці слід враховувати наступні фактори:

- особливості ландшафту;
- наявність сусідніх будівель;
- наявність дерев.

Оптимальна товщина стіни Тромба-Мішеля становить 30 см, але в залежності від матеріалу з якого зроблена стіна, товщину можна приймати відповідно до даних в Таблиці 1.3. [6]

Таблиця 1.3 – Допустима товщина стіни Тромба в залежності від матеріалу

Матеріал	Густина, г/см ³	Товщина, м
Бетон	2,2	0,2...0,6
Бетонний блок	2,1	1,18...0,46
Глиняна цегла	1,9	0,18...0,41
Пустотний бетонний блок	1,8	0,15...0,3
Цегла-сирець	1,6	0,15...0,3

1.4 Вибір матеріалів для будівництва пасивного будинку

Коефіцієнти теплопередачі (U – значення) зовнішніх стін, плит перекриття і конструкцій дахів Пасивних Будинків коливаються в діапазоні від 0,10 до 0,15 Вт/(м²·К) (для Центральноєвропейського клімату). U – значення може бути трохи вищим або нижчим залежно від клімату. Ці показники не тільки є орієнтирами для всіх методів будівництва, але й найбільш економічно прийнятними при сьогоднішніх цінах на енергію.

Отже в Пасивних Будинках з покращеною теплоізоляцією втрати тепла у холодну пору року мізерно малі, а температура внутрішніх поверхонь зовнішніх стін (незалежно від типу опалення, яке використовується) майже така, як температура внутрішнього повітря. Це забезпечує дуже високий рівень захисту будівельних конструкцій та надійно запобігає пошкодженню будівлі від накопичення надмірної вологи.

У теплому кліматі або в літні місяці якісна ізоляція гарантує захист і від спеки. Для забезпечення максимального рівня комфорту в спекотні літні періоди важливе значення мають також допоміжні пристрої для затінення вікон і достатня механічна вентиляція.

У Пасивних Будинках надійна ізоляція і герметичність будівлі виявилися надзвичайно ефективними. Іншим важливим заходом є “Проектування без теплових містків”: щоб усунути надмірні втрати тепла, зокрема утеплити холодні кути, ізоляція застосовується навколо всієї будівлі без будь-яких «слабких місць». Цей метод є важливим чинником для забезпечення високого рівня якості клімату та комфорту в Пасивних Будинках і водночас — запобігання пошкодження конструкцій через підвищення вологості.

Таких низьких U – значень можна досягти тільки при використанні дуже якісних ізоляційних матеріалів. Таблиця 1.4 показує потрібну товщину зовнішніх елементів будівлі, виготовлених тільки з зазначеного матеріалу, для забезпечення стандартного U -значення $0,13 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$ Пасивного Будинку. [7]

Таблиця 1.4 – Товщина матеріалів в залежності від теплопровідності

Матеріал	Теплопровідність Вт/(м²·К)	Товщина, необхідна для $U=0.13$ Вт/(м²·К); м
1	2	3
Залізобетон	2.3	17.30

1	2	3
Повнотіла цегла	0.80	6.02
Цегла — саман	0.40	3.01
М'яка деревина	0.13	0.98
Пориста цегла, пористий бетон	0.11	0.83
Солома	0.055	0.41
Типові ізоляційні матеріали	0.040	0.30
Звичайна високоякісна теплоізоляція	0.025	0.19
Нанопористі суперізоляційні матеріали нормального тиску	0.015	0.11
Вакуумний ізоляційний матеріал (діоксид кремнію)	0.008	0.06
Вакуумний ізоляційний матеріал (високий вакуум)	0.002	0.015

Таблиця наочно демонструє, що:

- Досягти належного ізолюючого ефекту за допомогою будівельної оболонки з оптимальною товщиною компонентів можна в основному тільки за рахунок використання ефективних ізоляційних матеріалів. Для цього ідеально підходять всі матеріали, перелічені в нижній частині таблиці.
- Можливе, а в деяких випадках навіть доцільне комбінування захисних конструкцій з різних будівельних матеріалів, наприклад: бетонна стіна, ізольована зовні; або монолітна стіна, що складається з пористого бетону і мінеральних панелей з ізоляційної піни.
- Чим менша теплопровідність застосованого ізоляційного матеріалу, тим тоншою буде оболонка конструкції.

- Для Пасивного Будинку придатні стіни навіть з солом'яних тюків товщиною 50 см і більше.
- Типові ізоляційні матеріали (наприклад, мінеральна вата, полістирол, целюлоза) потребують товщини ізоляційного шару близько 30 см.
- При використанні звичайних ізоляційних матеріалів з пінополіуретану товщину стіни можна зменшити навіть до 20 см..
- Сучасні матеріали для вакуумної ізоляції дозволяють використовувати дуже тонкі, але суперізовані будівельні елементи.
- Ще одним ефективним засобом для забезпечення ізоляції будівлі є “Напівпрозорий конверт”. Така оболонка спрямовує певну частку глобального сонячного випромінювання всередину ізованої будівлі, тим самим знижуючи різницю температур, що призводить до більш низьких еквівалентних коефіцієнтів теплопередачі, тобто U-значень.

1.5 Додаткові електротехнічні рішення для пасивних будинків

Повне покриття потреб у енергії відновлюваними джерелами є великим викликом, особливо в тих частинах світу, де потрібно багато опалення. У таких регіонах, як Північна та Центральна Європа, Північна Америка, а також значні частини північної Азії, найбільше енергії використовується в зимові місяці. Низькі температури призводять до більших потреб у опаленні, тоді як відсутність денного світла вимагає більше штучного освітлення. У той же час сонячна енергія менш інтенсивна, а, наприклад, генерація електроенергії з гідроелектростанції зменшується, оскільки дощі перетворюються на сніг. Незважаючи на те, що холодні дні часто приходять з сильнішими вітрами, вони майже не компенсують нестачу сонця та води в умовах підвищених потреб у опаленні.

Таким чином, акцент на використанні відновлюваних джерел енергії для побудови будівельного сектору може бути сталим лише завдяки зосередженню на зменшенні споживання енергії. Пасивний дім робить саме це: високий рівень енергоефективності, досягнутий Пасивним будинком, означає, що його мала потреба енергії, що залишається, може бути економічно покрита широким розмаїттям стабільних та сталих джерел енергії. Схильність до відновлюваних джерел енергії, з іншого боку, може збільшити попит на будинки "чистого нуля" або "енергії плюс".

У теплому кліматі, де переважають вимоги до охолодження, досягти постачання чисто відновлюваної енергії набагато легше. Спекотні дні з високим піковим охолоджувальним навантаженням, як правило, приходять із інтенсивною сонячною радіацією. У цьому випадку виробництво та використання енергії добре збігаються; фотоелектричні системи можуть уловлювати сонячну енергію, щоб її можна було використовувати для охолодження за допомогою електричних теплових насосів. Ця комбінація призводить до незначних потреб у зберіганні та недорогих енергоносіїв.

У холодні безсонячні зимові дні навіть великі фотоелектричні системи не зможуть виробляти достатньо енергії, щоб компенсувати збитки, понесені, наприклад, неізольованим дахом. Таким чином, захист покрівлі в першу чергу означає її ізоляція, а в другу - додавання фотоелектрики. У холодних регіонах такий порядок є суттєвим для подолання зимового розриву.

Ефективне використання обмежених ресурсів є основним принципом сталого розвитку і це включає використання земель. Будинки з меншою поверховістю та більшими площами даху можуть забезпечити більше місця для фотоелектричних панелей, проте такі будівлі аж ніяк не є більш сталими, ніж компактні (Рис. 1.6). Через непропорційно великі площі поверхні, невеликі одноповерхові будинки потребують більшої частки землі, а також більше будівельного та ізоляційного матеріалу. [8]

Отже, розумні будівельні концепції базуються на компактному дизайні та чудовій ефективності, оскільки це дозволяє системам відновлюваної енергії бути меншими, менш складними для підключення до мережі та, як результат, набагато доступнішими.

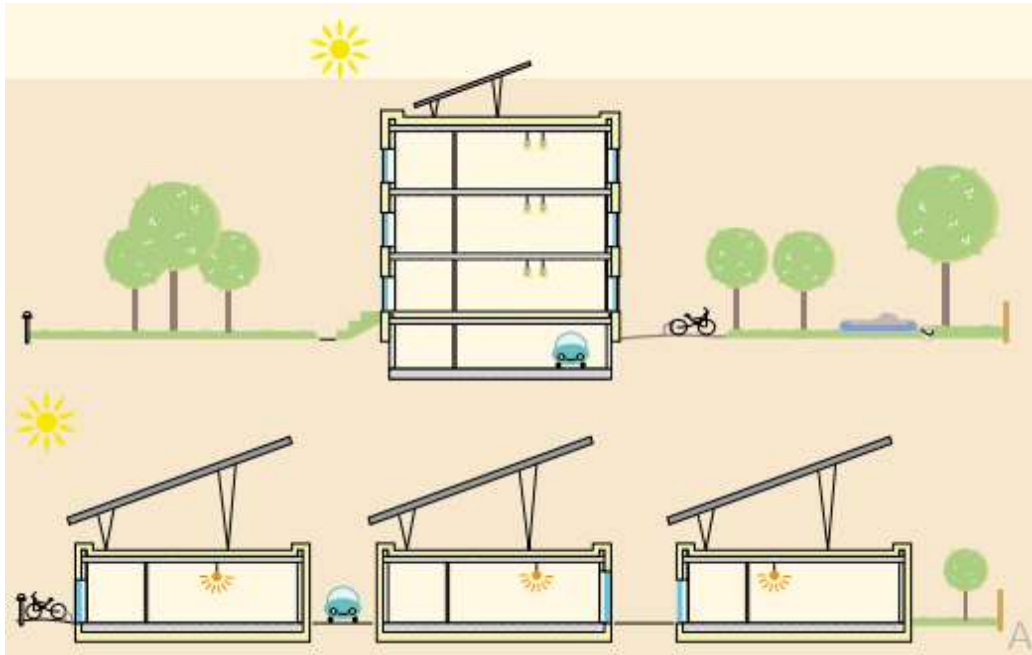


Рисунок 1.6 – Графічне порівняння розташування одноповерхових та компактних будинків

Найрозумніший спосіб побудови або реконструкції будівлі - це насамперед досягти ефективності пасивного будинку. Потім це можна доповнити фотоелектричними системами на даху та потенційно іншими поверхнями, які виходять на південь і піддаються дії прямих сонячних променів. Цей підхід пропонує ідеальне поєднання принципів пасивного дому та відновлюваних джерел енергії. Це найвірніший шлях до нульової або навіть плюс енергії, в результаті чого будівлі придатні для майбутнього, особливо у світлі тенденцій до посилення енергетичного законодавства у багатьох країнах та регіонах світу.

Висновок до розділу 1

Отже, проаналізувавши сучасні конструкційні та технологічні рішення з енергозбереження та енергоефективності, можна зробити висновок, що дані рішення є актуальними і пасивний будинок – хороше вкладення: оскільки побудована будівля не шкодить довкіллю, і має величезну економію на опаленні та кондиціонуванні в майбутньому.

Однак, щоб досягти ефективних показників необхідно провести належне та правильне проектування, вибір матеріалів та розрахунок тепловтрат. Ці інженерні задачі та їх потенційне рішення приведено в Розділі 2.

Враховуючи тенденції до поширення застосування енергопасивних будівель використовуючи європейський стандарт розрахуємо Пасивний Будинок, в якому використовуються (частково) відновлювані джерела енергії (для системи опалення). Для роботи електричних приладів застосовується електрична мережа.

**РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ПАСИВНОГО БУДИНКУ.
РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВТРАТ**

2.1 Розташування та опис об'єкту

Ділянка для будівництва Пасивного Будинку розташована в селі Козинці Ірпінського району Київської області (Рис. 2.1).

Козинці – село, центр сільської Ради, розташоване за 30 км від районного центру і за 6 км від залізничної станції Немішаєве. Населення – 983 чоловік. Сільраді підпорядковане с. Діброво-Ленінське. Площа ділянки складає 1266 м².



Рисунок 2.1 – Розташування ділянки під будівництво Пасивного Будинку

Географічні координати ділянки: 50°30'47'' пн.ш.; 30°03'26'' сх.д. Висота над рівнем моря 160 м. Рельєф ділянки рівний, без перепадів висоти. На відстані 30 м від крайньої південної точки ділянки розташоване невелике озеро.

В даній магістерській дисертації об'єктом майбутнього Пасивного будинку обрано проєкт будинку відомої української архітекторки Тетяни Ернст. [9] В Таблиці 2.1 приведені основні конструкційні характеристики об'єкту.

Таблиця 2.1 – Характеристики будинку

Загальна площа будинку	377,2 м ²
Загальна площа терас і балконів	46,5 м ²
Опалювальна площа будинку	174,5 м ²
Кількість поверхів	2
Площа північного фасаду будинку	141 м ²
Площа південного фасаду будинку	149,76 м ²
Площа бічного фасаду	57,7 м ²
Площа зовнішніх стін	406 м ²
Тип даху	односкатний (перепад висот від 7,2 м до 6,78 м)
Кут нахилу даху	3°

На Рис. 2.2 та 2.3 схематично зображені південний та бічний фасади пасивного будинку відповідно.



Рисунок 2.2 – Креслення південного фасаду будинку

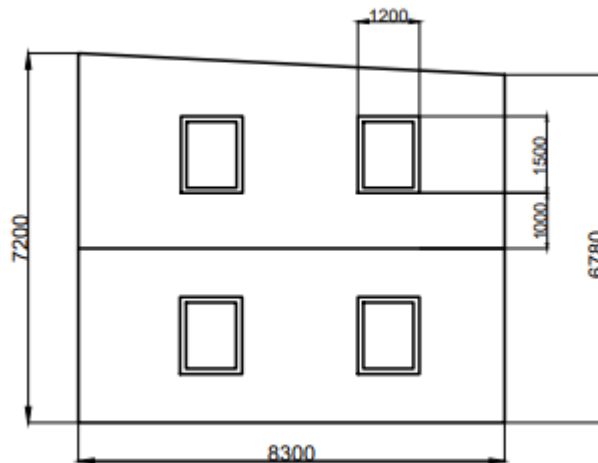


Рисунок 2.3 – Креслення бічного фасаду будинку

2.2 Кліматичні характеристики області

Клімат Київської області помірно континентальний, м'який, з достатньою вологістю. Зима тривала, порівняно тепла; літо – достатньо тепле й вологе. Пересічна температура січня на Півночі – $6,5^{\circ}$, в центральній частині – $5,8^{\circ}$, на Півдні – $6,1^{\circ}$, липня – відповідно $+19,2$, $+19,5$, $+20,1^{\circ}$. Тривалість безморозного періоду 160–165 днів. Період з температурою понад $+10^{\circ}$ становить від 155 днів на Поліссі до 160–165 днів на Півдні і Сході області. Опадів 500 – 600 мм на рік, на крайньому Півдні – 400–500 мм. Максимальна кількість їх (близько 40 %) випадає влітку. Сталий сніговий покрив (пересічна висота 25–30 см, крайньому Півдні – 15–20см) встановлюється в середині грудня, сходиться у кінці березня. Серед несприятливих кліматичних явищ – інтенсивні зливові дощі з грозами, град, бездощові періоди, суховії (до 5–10 днів), пилові бурі влітку, льодова кірка, ожеледь тощо. Північна частина Київської області лежить у вологій помірно теплій, південна – у недостатньо вологій, теплій агрокліматичній зонах. Детальні метеорологічні дані представлені в Табл. 2.2.

На півночі поширені дерново-підзолисті, в долинах річок дерново-оглеєні, лучні та болотні ґрунти. У центральній частині на лесах – чорноземи опідзолені типові, темно-сірі опідзолені та ясно-сірі лісові ґрунти, у південній частині – чорноземи глибокі малогумусні і відміни сірих лісових ґрунтів. На

Лівобережжі – чорноземи типові малогумусні, лучно-чорноземні та лучні солонцюваті, солончакові, болотні солончакові ґрунти. [10]

Таблиця 2.2 – Метеорологічні дані Київської області

Кліматичні умови	Номер місяця											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Середня максимальна температура, °С	-4	-2	+14	+12	+21	+24	+25	+24	+20	+13	+6	-1
Середня мінімальна температура, °С	-10	-8	+5	+4	+11	+14	+15	+14	+10	+6	0	-6
Кількість сонячних годин (в день)	1	2	4	5	8	9	9	8	6	4	2	1
Кількість дощових днів (в місяць)	12	10	9	8	9	10	10	10	7	8	10	12
Кількість опадів в мм (за місяць)	43	40	35	45	55	65	70	72	47	47	53	40

На Рис. 2.4 зображена роза вітрів району, в якому розташована ділянка для будівництва Пасивного будинку. В Табл. 2.3 наведені дані частоти вітрового потоку у відсотках в залежності від напрямку. Завдяки цим даним

можна зробити висновок, що найбільше вітер дує на ділянку з західної сторони. Отже, західний фасад будинку має бути добре ізольованим, щоб забезпечити неможливість продування стін та створення містків холоду. [11]

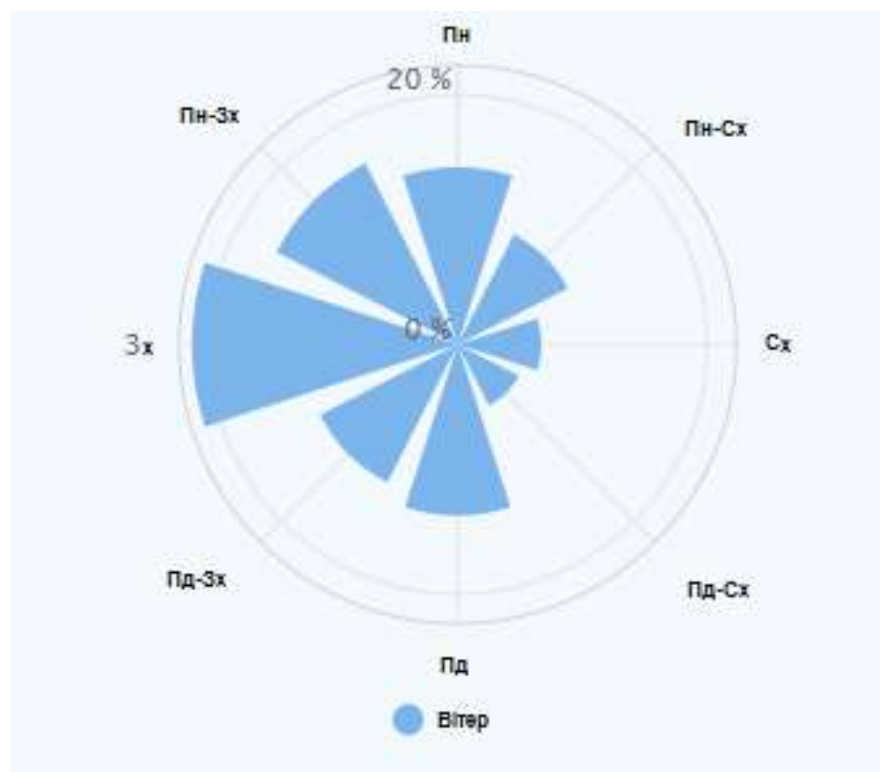


Рисунок 2.4 – Роза вітрів

Таблиця 2.3 – Частота вітрового потоку в залежності від напрямку

Пн.	Пн.-Сх.	Сх.	Пд.-Сх.	Пд.	Пд.-Зх.	Зх.	Пн.-Зх.
14.2%	9.9%	6.7%	5.5%	13.7%	12.4%	21.3%	16.3%

2.3 Вибір ізолюючих матеріалів для будівництва

Вибір енергозберігаючих вікон

Для даного дипломного проєкту було обрано енергозберігаючі вікна VEKA. Детальні характеристики вікон описані в Табл. 2.4. [23]

Таблиця 2.4 – Докладні характеристики вікон VEKA.

Кількість камер	7 / 6
Монтажна ширина (мм)	82
Товщина склопакета	от 24 до 52
Опір теплопередачі (з встановленим армуванням), м²С/Вт	1
Виконання	Біле / Кольорове
Кольори ущільнень	Чорний, Сірий, Карамель
Ширина комбінації і рама-стулка в світловому прорізі (типовий варіант)	124
Висота фальца, мм	25
Матеріал ущільнень	АРТК, Силікон, ТРЕ (коекструдований)
Кількість контурів ущільнення	3

Системна платформа SOFTLINE 82 пропонує оптимальну базову монтажну ширину, що дозволяє ефективно використовувати енергоефективні вікна, відповідно до сучасних вимог в галузі енергозбереження, як в нових будівлях, так і в будівлях, що піддаються реновації. А здатність утримувати тепло досягається завдяки особливому інноваційному напиленню, яке нанесене на внутрішню поверхню скла. Його дія подібна до дзеркала. Стикаючись з «теповим» випромінюванням, яке виходить від опалювальних приладів, воно протидіє його руху і направляє назад. Випромінюване тепло залишається в приміщенні і необхідність в інтенсивності опалення знижується практично вдвічі. Людським оком напилення побачити неможливо, проте воно чудово пропускає в приміщення видиму частину сонячного спектра.

Енергоефективне вікно не тільки утримує тепло, але і сприяє зниженню витрат на опалення. Крім цього, зникає необхідність купувати потужні обігрівальні прилади, а це теж, у свою чергу, оптимізує витрати.

«Тепла рамка» – це дистанційна пластикова рамка, яка, на відміну від традиційної алюмінієвої, має меншу теплопровідність. Тому в місцях зіткнення такої рамки зі склом при значному зниженні температури за вікном не утворюється крига, а, отже, промерзання склопакета – виключено. Крім того, на склопакетах із «теплою» рамкою ризик випадання конденсату значно знижений.

Вибір матеріалів для будівництва стін

Відповідно до рекомендацій розташованого в Дармштадті (Німеччина) «Інституту пасивного будинку», значення коефіцієнта теплопередачі зовнішніх стін таких будинків не повинне перевищувати $U \leq 0,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$. Відповідно, коефіцієнт опору теплопередачі, що регламентується в Україні, повинен бути вище: $R \geq 6,67 \text{ (м}^2 \times \text{К)}/\text{Вт}$. Для порівняння, вимоги до теплоізоляції зовнішніх стін в найхолоднішій першій температурній зоні України, до якої відноситься більша частина нашої країни, окрім Закарпаття і південних приморських регіонів, складає $R \geq 3,3 \text{ (м}^2 \times \text{К)}/\text{Вт}$, а коефіцієнт $U \leq 0,30 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \times \text{К})$.

Завдяки тому, що коефіцієнт теплопровідності найбільш використовуваних утеплювачів набагато менший показників теплоізоляції газобетону, для спорудження пасивних будинків підходять стандартні газобетонні блоки Ytong Forte або Ytong Energo товщиною 24 см і 30 см. Для даної магістерської дисертації було обрано **газобетонні блоки Ytong Energo PP2/0,35 товщиною 30 см.** [17]

Для порівняння, мінімальна товщина газобетону Ytong для зведення одношарових стін, що відповідають українським нормам теплоізоляції, складає 36,5 см. Сумарна товщина утеплених стін пасивних будинків із газобетону Ytong Forte і Ytong Energo визначається коефіцієнтом

теплопровідності використовуваного утеплювача (λ) і складає від 39 см до 45 см без урахування фінішної обробки.

Застосування газобетонних блоків Ytong дає можливість оптимізувати параметри стін залежно від їх призначення. Міцність і теплові параметри продукції дозволяють використовувати більш тонкі блоки в порівнянні з традиційними матеріалами, і як результат - збільшується житлова площа будинку. Ще однією перевагою застосування газобетонних блоків є зменшення містків холоду – завдяки застосуванню розчину для тонких швів Ytong і поєднанню системи «паз - гребінь», а також додаткових системних елементів (перемичок або плит перекриття). При кладці використовують спеціальний мінеральний клей. Товщина швів становить всього 1-3 мм (при кладці на традиційному цементно-піщаному розчині - 12-15 мм), завдяки чому значно підвищується теплоізоляційна здатність стін. Зауважимо, що «товсті» шви кладок являють собою не що інше, як типові містки холоду. Через них тепло-втрати зростають на 20% і більше.

До складу газобетону входять вапно, цемент, пісок і вода. Роль газоутворювача грає алюмінієва пудра. Вапно і алюміній вступають в хімічну реакцію, і виділяється при цьому газ, що утворює безліч пор-осередків. Напівфабрикат твердне і набирає міцність в автоклавній камері (підвищений тиск плюс температура 190°C), що виключає утворення тріщин і інших дефектів, а також мінімізує усадку і звільняє матеріал від внутрішньої напруги. Також, газобетонна стіна – це здорова стіна, що дихає – матеріал виготовляється виключно з натуральної сировини: вапна, піску і води, а повністю паропроникна стіна зменшує ризик розвитку грибку і плісняви.

Одношарові стіни – це перед усім короткий термін виконання робіт. Зведення одношарових стін з блоків Ytong для будинку з площею поверхні близько 150 м² можна завершити вже за 2 тижні. Це практично в чотири рази швидше ніж при використанні інших технологій. Інвестиції не розтягуються на невизначений час, кошти на зведення стін витрачаються одноразово.

Зведення утеплених стін із газобетону – дорожче, складніше і довше будівництва одношарових стін. Тому до монтажу фасадної теплоізоляції вдаються тоді, коли немає впевненості, що одношарова стіна забезпечить необхідний тепловий комфорт. Додатковий шар фасадного утеплення вибирають також з метою подальшої економії на опаленні і кондиціонуванні. Адже утеплені стіни з газобетону з використанням фасадної теплоізоляції, як правило, мають більш високий опір теплопередачі (коефіцієнт R) в порівнянні з одношаровими стінами з газоблоків. Найважливіша перевага утеплених стін у тому, що стіновий матеріал тут захищений від температурних впливів. У двошаровій стіні газобетон не намокає і не промерзає, що позитивним чином позначається на його довговічності. [18]

До того ж газоблоки в утепленій стіні більш повно використовують свій теплоінерційний потенціал – здатність до накопичення тепла. Як відомо, газоблоки, як і всі кладочні матеріали, здатні поступово нагріватися і також поступово віддавати тепло (скажімо, при відключенні опалення). Це суттєво відрізняє газобетон від стін, скажімо, каркасних будинків, які є лише теплоізоляційною оболонкою і не здатні накопичувати тепло.

У порівнянні з одношаровими стінами утеплені стіни з газобетону виграють в тому, що фасадний утеплювач тут грає роль своєї теплоізоляційної «шуби». За рахунок опалення нагрівається вся товща утепленої газобетонної стіни. Тоді як в одношарових стінах зовнішня частина газоблоків залишається холодною.

Вибираючи теплоізоляційний матеріал для утеплення газоблоків, потрібно враховувати, що газобетон – паропроникний матеріал. Він здатний поглинати з повітря приміщень надлишок пари і, якщо необхідно, повертати його назад. Тому в будинках із газоблоків дихається легше, ніж, скажімо, в каркасних, де стіни непаропроникні. Цю позитивну властивість газобетону не можна ігнорувати, і тому в облицюванні будинків із газоблоків рекомендують застосовувати паропроникні матеріали. При цьому потрібно знати, що пар в паропроникній стіні переміщується в бік від теплих приміщень назовні. Тому

кожен наступний (більш зовнішній) шар складної стіни повинен мати більшу паропроникність, ніж попередній.

Порівнюючи характеристики двох найбільш використовуваних утеплювачів – пінополістиролу і мінеральної вати, – потрібно відзначити, що пінополістирол не пропускає пар. Тому для утеплення газобетону рекомендована мінеральна вата в комплекті з паропроникними сумішами, наприклад із силіконовими і силікатними фарбами і штукатурками. Отже в результаті аналізу ізоляційних характеристик для розрахунків у дипломній дисертації обрано **мінеральну вату IZOVAT 125 ($\lambda = 0,037 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$)**. [18] На Рис. 2.5 наглядно продемонстрований зовнішній вигляд утепленої газобетонної стіни мінеральною ватою.



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд утепленої стіни для Пасивного Будинку

При зведенні нових будівель товщину теплоізоляції вибирають разом із товщиною несучої стіни, і варіантів використання утеплювача різної товщини може бути кілька. Тому крім визначення коефіцієнта R важливо враховувати і

положення точки роси. Місце точки роси показує, де в стіні гіпотетично буде конденсуватися пара при зниженні температури від кімнатної до вуличної.

Товщина газобетонних блоків Ytong Energo PP2/0,35 – 30 см, отже відповідно до Табл. 2.5 товщина мінеральної вати IZOVAT 125 ($\lambda = 0,037$ Вт/м*К) для забезпечення умов Пасивного Будинку, тобто коефіцієнт теплопередачі утеплених стін $U \leq 0,15$ Вт/ (м² × К) складає 15 см. Коефіцієнт теплопередачі утеплених стін $U = 0,138$ Вт/ (м² × К). [17]

Таблиця 2.5 – Коефіцієнт теплопередачі U утеплених стін за умов використання газобетону Energo PP2/0,35 товщиною 30 см залежно від товщини утеплювача.

Коефіцієнт теплопровідності утеплювача, λ	Товщина утеплювача								
	6 см	8 см	10 см	12 см	15 см	18 см	20 см	25 см	30 см
0,043 Вт/(м × К)	0,219	0,198	0,182	0,168	0,150	0,136	0,128	0,111	0,098
0,040 Вт/(м × К)	0,214	0,193	0,176	0,162	0,144	0,130	0,122	0,106	0,094
0,037 Вт/(м × К)	0,208	0,187	0,170	0,156	0,138	0,124	0,117	0,101	0,089
0,035 Вт/(м × К)	0,204	0,183	0,166	0,151	0,134	0,120	0,112	0,097	0,085
0,033 Вт/(м × К)	0,200	0,179	0,161	0,147	0,129	0,116	0,108	0,093	0,082

2.4 Розрахунок стіни Тромба-Мішеля

Необхідна площа поверхні (м²) застленої південної теплоакумуючої стіни Тромба визначається за формулою:

$$A_{\text{ст}} = \alpha_{\text{ст}} \cdot A_{\text{буд}} \quad (1.1)$$

де $A_{\text{ст}}$ – необхідна площа поверхні стіни Тромба,

$\alpha_{\text{ст}}$ – питома площа стіни Тромба,

$A_{\text{буд}}$ – площа будинку.

Значення питомої площі стіни Тромба $\alpha_{\text{ст}}$ віднесені до 1 м² площі опалювальних приміщень, залежать від середньої для зимового періоду (точніше, для грудня і першої половини січня) температури зовнішнього

повітря в місцевості, де розташований будинок, і матеріалу, в якому відбувається акумулювання теплоти.

У Табл. 2.6 наведені значення питомої площі поверхні скління стіни Тромба $\alpha_{ст}$ в залежності від температури зовнішнього повітря взимку T_v і способу акумулювання теплоти.

Таблиця 2.6 – Питома площа скління стіни Тромба $\alpha_{ст}$, віднесена до 1 м² площі опалювальних приміщень будинку (м² / м²)

Температура повітря взимку T_v , °С	$\alpha_{ст}$
-10	0,72...1,0
-4	0,5...0,93
2	0,35...0,6
7	0,22...0,35

Середня температура повітря взимку в Київській області – 5,8°, отже, враховуючи значення в таблиці обираємо $\alpha_{ст} = 0,72$.

Товщина теплоакumuлюючої стіни залежить від виду будівельного матеріалу, з якого вона зроблена:

- кам'яна стіна - 200 ... 300 мм;
- цегляна - 250 ... 350 мм;
- бетонна - 300 ... 450 мм;
- стіна з ємностей з водою - 150 мм.

Добові коливання температури повітря всередині приміщень зі збільшенням товщини стіни зменшуються (Табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – Добові коливання температури в разі застосування бетонної стіни Тромба

Товщина бетонної стіни Тромба, мм	Добові коливання температури, ±°C
200	7
300	4
500	2,5

Швидкість поширення теплоти в стіні визначається відношенням коефіцієнта теплопровідності матеріалу до його об'ємної теплоємності: вона тим вище, чим більше цей показник. При цьому стіна може мати велику товщину.

Для даної магістерської дисертації оптимально обрати товщину бетонної стіни 500 мм, щоб забезпечити найменші добові коливання температури всередині Пасивного Будинку.

Було вирішено обрати конструкцію стіни Тромба-Мішеля для південної стіни першого поверху будинку, а на другому розмістити великі панорамні вікна для проходження сонячного тепла всередину будинку. Отже, необхідна площа стіни Тромба дорівнює половині площі південного фасаду будинку (з Табл. 2.1 площа південного фасаду 149,76 м²). Тому приймаємо площу стіни Тромба 74,88 м².

За формулою 1.1 розрахуємо необхідну площу стіни Тромба-Мішеля для стовідсоткового забезпечення тепловою енергією будинку житловою площею 174,5 м².

$$A_{ст} = 0,72 \cdot 174,5 = 125,64 \text{ м}^2$$

Тому для даного проекту з площею стіни Тромба-Мішеля 74,88 м² можна покрити 59,6% теплового навантаження будинку.

Отже, проєктом передбачена масивна бетонна південна стіна першого поверху будівлі, пофарбована зовні в темний колір і має шорстку поверхню, захищається зовні двома шарами скла. Сонячна радіація, проникаючи крізь застелення, поглинається поверхнею стіни, що є теплоприймачем і акумулятором сонячної енергії. Оскільки звичайне віконне скло має високе пропускання в діапазоні сонячної радіації, тобто для довжин хвиль від 400 до 3000 нм, але практично не пропускає інфрачервоні промені з довжиною хвилі близько 10 мкм, що випускаються чорною поверхнею, повітря в прошарку нагрівається. Це добре відомий "парниковий ефект", покладений в основу роботи більшості сонячних колекторів. Отвори у верхній і нижній частинах стіни дають можливість нагрітому повітрю надходити в приміщення під стелею, а холодного - йти на рівні підлоги з приміщення за рахунок природної конвекції при позитивній різниці температур повітря в прошарку і в приміщенні. Отвори забезпечуються клапанами, що перешкоджають перекиданню циркуляції при відсутності інсоляції. Для зниження річного перегріву приміщення у верхній частині скління робиться отвір з клапаном, який закритий при необхідності опалення. Верхні отвори в приміщення влітку перекриті. Щоб уникнути літнього перегріву можна використовувати сонцезахист.

Таким чином, приміщення опалюється за рахунок надходжень теплого повітря і за рахунок акумуляованого в стіні тепла шляхом теплопередачі. У деяких варіантах не використовуються отвори. Тоді стіна сильніше нагрівається і більше тепла надходить в приміщення за рахунок теплопередачі. При цьому обігрів відбувається повільніше, так як весь потік проникає крізь товщу стіни. Оскільки в цьому випадку повітря в повітряному прошарку і зачорнена поверхня мають більш високу температуру, зростає і втрата теплоти назовні через скління. Загальна кількість утилізованої теплоти в варіанті з конвективними потоками буде більше, так як основна частина її надходить у приміщення безпосередньо під час сонячного опромінення.

Конфігурацію і розмір переплетів скління рекомендується приймати з мінімальним затінюючим ефектом в опалювальний період і максимальним сонцезахистом влітку. Відношення площі переплетів до загальної площі скління не повинно перевищувати 0,1. Коефіцієнт пропускання одного шару скління при відсутності забруднення і перпендикулярному падінні сонячного променя не повинен бути менше 0,83. Рекомендована товщина скла 2-4 мм для вертикальних і 4-6 мм для похилого скління. Слід забезпечити вільний доступ до скління стіни для заміни та миття скла в період експлуатації за рахунок збільшення простору між стіною і склінням або перетворення повітряного прошарку в прохідну галерею. Мінімальна відстань між зовнішньою поверхнею стіни-теплоприймача і склінням рекомендується приймати 15-20 см.

2.5 Розрахунок теплових втрат будівлі

Основні теплові втрати будинку складаються з втрат через стіни, вікна, стелю, двері та підлогу.

Теплові втрати через зовнішні стіни:

$F_{ст} = 406 \text{ м}^2$ – повна площа теплообміну зовнішніх стін дому (Табл. 2.1);

$\alpha_1 = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої стіни в навколишнє середовище, визначається згідно ДСТУ Б В.2.6-189:2013, Додаток Б;

$\alpha_2 = 8,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої стінки до приміщення, визначається згідно ДСТУ Б В.2.6-189:2013, Додаток Б;

$\delta_1 = 0,3 \text{ м}$ – товщина зовнішньої стіни (газобетон);

$\lambda_1 = 0,095 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ – теплопровідність матеріалу зовнішньої стіни (газобетон);

$\delta_2 = 0,15 \text{ м}$ – товщина ізоляції стіни (мінеральна вата);

$\lambda_2 = 0,037 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ – теплопровідність матеріалу ізоляції (мінеральна вата);

$t_{вн} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ – внутрішня температура приміщення, яка визначена згідно ДБН В.2.6-31:2016, Додаток В, табл. В.2;

$t_{\text{зовн}} = -22 \text{ }^\circ\text{C}$ – найменша температура навколишнього середовища за опалювальний період, на яку розраховується система тепlopостачання, визначається згідно ДБН В.2.6-31:2016, Додаток В, табл. В.4;

$$Q_{\text{стіни}} = \frac{F_{\text{ст}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} = \frac{406 \cdot (20 - (-22))}{\frac{1}{23} + \frac{1}{8,7} + \frac{0,3}{0,095} + \frac{0,15}{0,037}} = 2301 \text{ Вт}$$

Теплові втрати через стелю:

В даному проекті передбачений утеплений односкатний дах з бітумною черепицею (Рис. 2.6). Бітумна черепиця – це м'який покрівельний лист на основі скловолокна, покритий дрібними фракціями кам'яної крихти. На дах укладається не цілий пласт, а гонти різної форми.

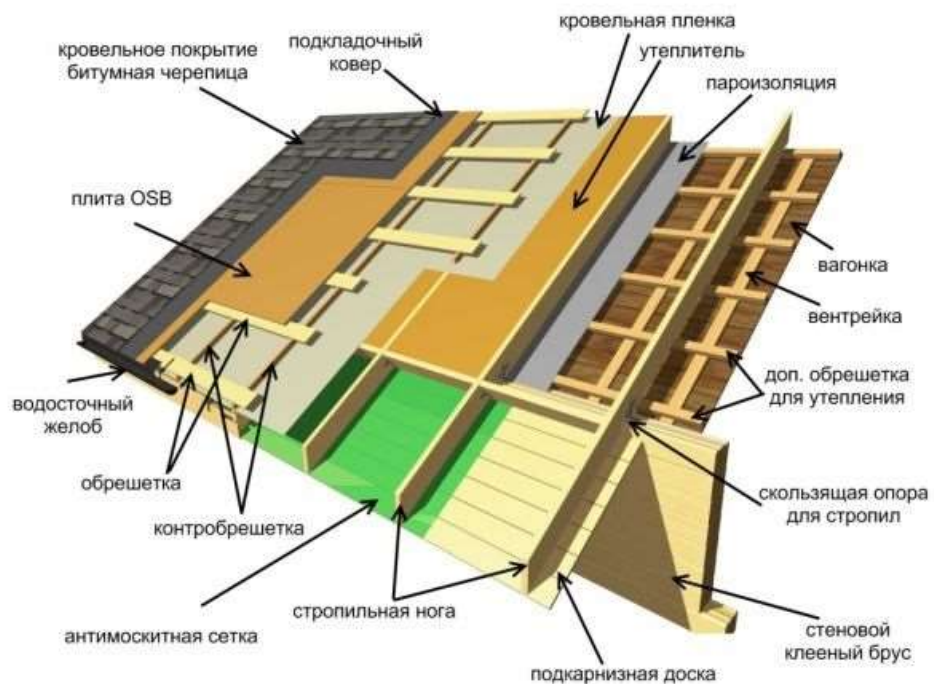


Рисунок 2.6 - Облаштування односкатного даху з бітумної черепиці

$F_{\text{стелі}} = 174,5 \text{ м}^2$ – повна площа теплообміну стелі будинку;

$\alpha_1 = 6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні стелі на

горищні перекриття, що не вентилюються зовнішнім повітрям, визначається згідно ДСТУ Б В.2.6-189:2013, Додаток Б;

$\alpha_2 = 8.7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні стелі до

приміщення, визначається згідно ДСТУ Б В.2.6-189:2013, Додаток Б;

$\delta_1 = 0,022 \text{ м}$ - товщина 1 шару стелі (вагонка);

$\lambda_1 = 0,16 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ – теплопровідність матеріалу 1 шару стелі;

$\delta_2 = 0,04 \text{ м}$ - товщина 2 шару стелі (доски дерев'яні);

$\lambda_2 = 0,15 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ – теплопровідність матеріалу 2 шару стелі;

$\delta_3 = 0,2 \text{ м}$ - товщина 3 шару стелі (мінеральна вата);

$\lambda_3 = 0,037 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ - теплопровідність матеріалу ізоляції (мінеральна вата);

$\delta_4 = 0,2 \text{ м}$ - товщина 4 шару стелі (балки);

$\lambda_4 = 0,23 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ – теплопровідність матеріалу 4 шару стелі;

$\delta_5 = 0,04 \text{ м}$ - товщина 5 шару стелі (доски дерев'яні);

$\delta_6 = 0,01 \text{ м}$ - товщина 6 шару стелі (плити деревноволокнисті та деревностружкові);

$\lambda_6 = 0,08 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ – теплопровідність матеріалу 5 шару стелі;

$\delta_7 = 0,0031 \text{ м}$ – товщина бітумної черепиці;

$\lambda_7 = 0,17 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ – теплопровідність бітумної черепиці;

$$\begin{aligned} Q_{\text{стелі}} &= \frac{F_{\text{стелі}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{\delta_5}{\lambda_5} + \frac{\delta_6}{\lambda_6} + \frac{\delta_7}{\lambda_7}} = \\ &= \frac{174,5 \cdot (20 - (-22))}{\frac{1}{6} + \frac{1}{8,7} + \frac{0,022}{0,16} + \frac{0,04}{0,15} + \frac{0,2}{0,037} + \frac{0,2}{0,23} + \frac{0,04}{0,15} + \frac{0,01}{0,08} + \frac{0,0031}{0,17}} = \\ &= 993,5 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Теплові втрати через підлогу:

$F_{\text{підлоги}} = 174,5 \text{ м}^2$ – повна площа теплообміну підлоги будинку;

Втрати теплоти крізь підлогу, розташовану на ґрунті або на лагах, підраховуються за зонами з урахуванням відстані зон від зовнішніх стін (рис.2.7) за формулою:

$$Q_{\text{підлоги}} = \left(\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \frac{F_3}{R_3} + \frac{F_4}{R_4} \right) \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})$$

де F_1, F_2, F_3, F_4 – площа відповідно першої, другої, третьої та четвертої зон, м^2 ;

R_1, R_2, R_3, R_4 – термічний опір відповідно першої, другої, третьої та четвертої зон, $(\text{м}^2\text{К})/\text{Вт}$.

Смуга підлоги шириною 2 м, паралельна лінії зовнішньої стіни, називається зоною. Найближча до зовнішньої стіни зона вважається першою, подальші - другою і третьою, а вся решта частини підлоги - четвертою. Частина площі першої зони (2х2 м), яка прилягає до кута зовнішніх стін, має підвищені тепловтрати і враховується двічі.

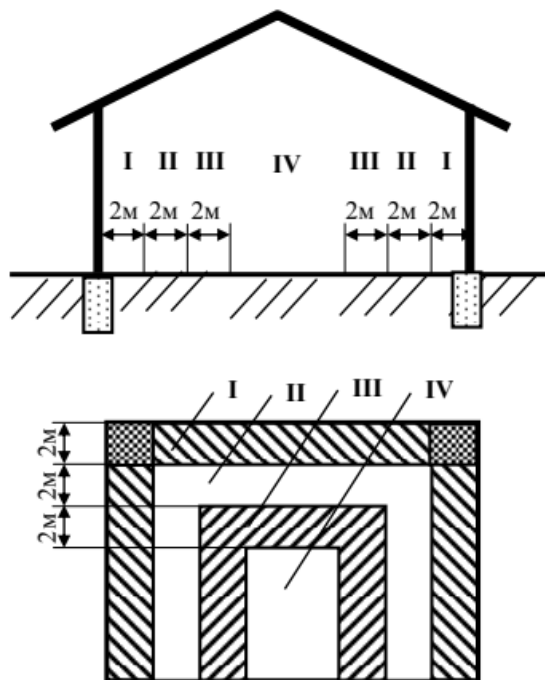


Рисунок 2.7 – Зонування будинку

Відповідно для даного проєкту приймаємо:

$$F_1 = 102,3 \text{ м}^2;$$

$$F_2 = 68,4 \text{ м}^2;$$

$$F_3 = 3,84 \text{ м}^2;$$

Четвертої зони відповідно немає.

При визначенні тепловтрат крізь підлогу за формулою () приймаються наступні термічні опори відповідно до зон $R_{н.п.}$:

а) для неутепленої підлоги на ґрунті термічний опір $R_{н.п.}$, $(\text{м}^2\text{К})/\text{Вт}$, для окремих зон неутепленої підлоги (Табл. 2.8);

Таблиця 2.8 – Термічний опір $R_{н.п.}$ для різних зон

Зона	I	II	III	IV- площа підлоги, яка залишилася
Термічний опір, $(\text{м}^2\text{К})/\text{Вт}$	$R_{н.п.}^I$	$R_{н.п.}^{II}$	$R_{н.п.}^{III}$	$R_{н.п.}^{IV}$
	2,15	4,3	8,6	14,2

б) для окремої зони утепленої підлоги на ґрунті:

$$R_{утеп.}^i = R_{н.п.}^i + \sum \frac{\delta}{\lambda}$$

де $R_{н.п.}^i$ – термічний опір неутепленої підлоги на ґрунті для окремої зони;

δ - товщина утеплюючих шарів, м;

λ - теплопровідність утеплюючих шарів, $\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

Підлога, яка розташована на ґрунті, вважається неутепленою, якщо її конструкція, незалежно від товщини підлоги, складається з шарів матеріалів, коефіцієнт теплопровідності кожного з яких $\lambda > 1,163 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$. Підлога, яка

розташована на ґрунті, вважається утепленою, якщо її конструкція складається з шарів матеріалів, коефіцієнт теплопровідності яких $\lambda < 1,163 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$

Пасивний будинок не має підвалу, що значно спростить будівництво. Фундамент був ізолюваний за допомогою 30-сантиметрового водонепроникного полістиролу (теплопровідністю $0,035 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$).

Проектом була обрана монолітна плита - це найдорожчий, але і самий надійний вид фундаменту для приватного будинку. Незважаючи на свою високу вартість, така заливка часто використовується при індивідуальному будівництві. Тому що, при правильному розрахунку розмірів фундаменту забезпечує надійну основу для будинку. Надійність такої основи незаперечна, вважається, що навіть під час руху землі (наприклад, при обдиманні або невеликих підземних поштовхах), правильно розрахований монолітний фундамент залишиться недоторканим. На Рис. 2.8 показаний приклад конструкції фундаменту.

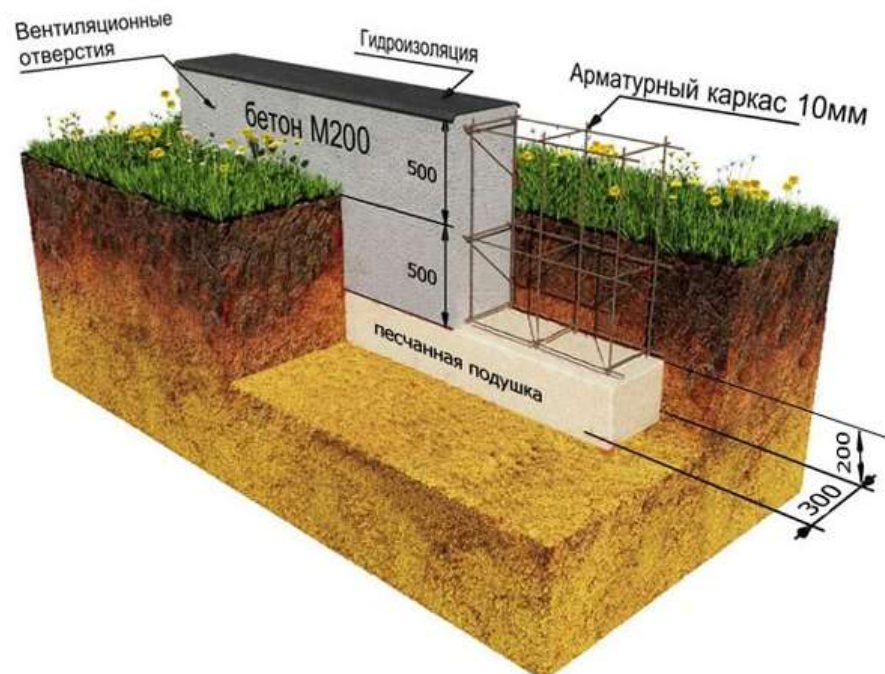


Рисунок 2.8 – Конструкція фундаменту

$\delta_1 = 0,3 \text{ м}$ – товщина ізоляції (полістирол);

$\lambda_1 = 0,035 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ – теплопровідність матеріалу ізоляції (полістирол);

З формули () знайдемо:

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,3}{0,035} = 1,56$$

Отже,

$$Q_{\text{підлоги}} = \left(\frac{102,3}{2,15 + 1,56} + \frac{68,4}{4,3 + 1,56} + \frac{3,84}{8,6 + 1,56} \right) \cdot (20 - -22) = 1667 \text{ Вт}$$

Приведений опір теплопередачі вікна:

$F_1 = 5,5 \text{ м}^2$ – повна площа вікна 2670x2060;

$R_1 = 1 \text{ (м}^2\text{К)/Вт}$ – опір теплопередачі вікна 2670x2060;

$F_{\text{н}} = 0,5 \text{ м}^2$ – площа непрозорих елементів вікна розміром 1200x1500;

$R_{\text{н}} = 1,08 \text{ (м}^2\text{К)/Вт}$ – опір теплопередачі непрозорих елементів вікна розміром 1,2x1,5;

$F_{\text{п}} = 1,3 \text{ м}^2$ – площа прозорих елементів вікна розміром 1200x1500;

$R_{\text{п}} = 0,88 \text{ (м}^2\text{К)/Вт}$ – опір теплопередачі прозорих елементів вікна розміром 1,2x1,5;

$$R_2 = \frac{\frac{F_{\text{н}}}{R_{\text{н}}} + \frac{F_{\text{п}}}{R_{\text{п}}}}{\frac{F_{\text{н}} + F_{\text{п}}}{F_1}} = \frac{\frac{0,5}{1,08} + \frac{1,3}{0,88}}{\frac{1,8}{5,5}} = 0,928 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

$F_2 = 1,8 \text{ м}^2$ – повна площа вікна 1200x1500;

$$Q_{\text{вікна1}} = \frac{6 \cdot F_1 \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})}{R_1} = \frac{6 \cdot 5,5 \cdot (20 - -22)}{1} = 1386 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{вікна2}} = \frac{7 \cdot F_2 \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})}{R_2} = \frac{7 \cdot 1,8 \cdot (20 - -22)}{0,928} = 570 \text{ Вт}$$

Отже, теплові втрати через вікна:

$$Q_{\text{вікна}} = Q_{\text{вікна1}} + Q_{\text{вікна2}} = 1386 + 570 = 1956 \text{ Вт}$$

Теплові втрати через двері:

$$F_{\text{двері}} = 2,4 \text{ м}^2 - \text{площа дверей } 900 \times 2100;$$

$$U = 0,64 \text{ Вт / м}^2 - \text{коефіцієнт теплопровідності дверей } 900 \times 2100;$$

$$R_{\text{двері}} = \frac{1}{U} = \frac{1}{0,64} = 1,56 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

$\alpha_1 = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні дверей в навколишнє середовище, визначається згідно ДСТУ Б В.2.6-189:2013, Додаток Б;

$\alpha_2 = 8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні дверей до приміщення, визначається згідно ДСТУ Б В.2.6-189:2013, Додаток Б;

$$Q_{\text{двері}} = \frac{F_{\text{двері}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{зовн}})}{R_{\text{двері}} + \frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{2,4 \cdot (20 - (-22))}{1,56 + \frac{1}{23} + \frac{1}{8}} = 58,3 \text{ Вт}$$

Сумарні тепловтрати:

$$\begin{aligned} Q_{\text{заг.}} &= Q_{\text{вікна}} + Q_{\text{двері}} + Q_{\text{підлоги}} + Q_{\text{стіни}} + Q_{\text{стелі}} = \\ &= 2301 + 993,5 + 1667 + 1956 + 58,3 = 6975,8 \text{ Вт} \end{aligned}$$

Приведені теплові втрати:

$$S = 174,5 \text{ м}^2 - \text{площа будинку};$$

$$q = \frac{Q_{\text{заг.}}}{S} = \frac{6975,8}{349} = 19,99 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Тепловтрати через огорожувальні конструкції зведені в Таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Загальні тепловтрати через огорожувальні конструкції

Тепловтрати через	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	S, m^2	$Q, \text{Вт}$
Стіни	42	406	2301
Стеля	42	174,5	993,5
Підлога	42	174,5	1667
Вікна	42	45,6	1956
Двері	42	2,4	58,3
Всього:			6975,8

Таким чином, знаючи розраховані вище показники, можна визначити теплове навантаження будинку – 6975,8 Вт.

Отже, розрахувавши необхідну площу стіни Тромба-Мішеля можна покрити 59,6% теплового навантаження будинку, тобто 4158 Вт.

Маємо:

$$6975,8 \text{ Вт} - 4158 \text{ Вт} = 2817,8 \text{ Вт}$$

Щоб стовідсотково забезпечити опалення Пасивного Будинку необхідно провести розрахунок додаткового джерела теплопостачання.

Висновок до розділу 2

У даному розділі було проаналізовано кліматичні характеристики ділянки розміщення Пасивного Будинку. Згідно цього аналізу обрано конструкційні та ізоляційні матеріали будинку, підібрані необхідні архітектурні рішення, такі як стіна Тромба-Мішеля, розташування вікон та будинку у просторі. Проведено розрахунок теплового навантаження опалювальної площі, яке зможе покрити стіна Тромба-Мішеля з природною циркуляцією. В результаті отримали 59,6% економії енергії за рахунок конструкції Тромба-Мішеля.

Додатково проведено розрахунок тепловтрат всіх зовнішніх огорожувальних конструкцій Пасивного Будинку з урахуванням теплоізоляційних матеріалів високого класу якості. Питомі тепловтрати склали $19,99 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$. Для стовідсоткового забезпечення опалення будинку «чистою» енергією в наступному розділі проведений розрахунок додаткового джерела електроенергії.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК РЕЗЕРВНОГО ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

3.1 Розрахунок мережевої сонячної електростанції

Задля стовідсоткового забезпечення Пасивного Будинку тепловою енергією проєктом передбачене резервне джерело живлення – електричний конвектор. Обрано вісім керамічних електронагрівальних панелей RZTK PNL 1542E потужністю 425 Вт кожна, які буде встановлено в опалювальних приміщеннях, таких як спальні кімнати, вітальня, кухня, дитяча кімната тощо.[19]

В свою чергу, роботу керамічних електронагрівальних панелей забезпечить система сонячних модулів.

Сонячна енергетика - це найрозвинутіший бізнес, прибуток від якого гарантовано державою в Законі України «Про електроенергетику». Слід знати, що за виконанням цього закону стежить не лише Україна, а і ряд міжнародних організацій.

Мережева сонячна електростанція для дому допоможе суттєво зменшити споживання електроенергії під час світлої частини доби. Схема улаштування мережевої сонячної електростанції зображена на Рис. 3.1.

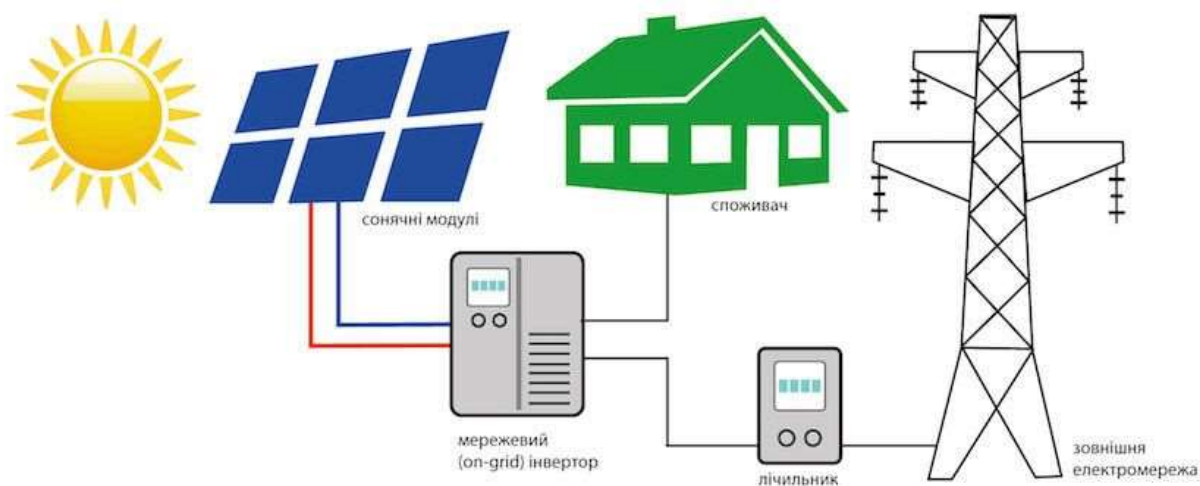


Рисунок 3.1 - Загальна схема мережевої сонячної електростанції

Вся енергія, вироблена сонячними батареями, миттєво подається через мережевий сонячний інвертор напруги до споживачів. Вироблена потужність пропорційна інтенсивності сонячного освітлення. При спільній роботі з електричною мережею, енергія, отримана від сонячних панелей є

пріоритетною. Це означає, що при достатній освітленості енергія з зовнішньої електромережі не споживається взагалі, всі надлишки згенерованої енергії віддаються в загальну електромережу по «зеленому» тарифу. При недостатній освітленості та, відповідно меншій, кількості енергії, що виробляється сонячною електростанцією, з зовнішньої мережі береться рівно стільки енергії, скільки не вистачає споживачам. Додатковим стимулюючим фактором стало прийняття механізму стимулювання галузі через «зелений» тариф, завдяки якому привабливість сонячних електростанцій в Україні вийшла на новий рівень. Одними з найважливіших параметрів для обрахунку генерації сонячної електростанції є альbedo, потік прямої та дифузної радіації в районі розміщення СЕС. Значення альbedo для Київської області протягом року наведені в Таблиці 3.1. А потік прямої сонячної радіації та дифузної у Таблиці 3.2 та 3.3 відповідно.

Таблиця 3.1 – Альbedo протягом року

Місяць	Альbedo
Січень	60
Лютий	47
Березень	26
Квітень	17
Травень	19
Червень	20
Липень	20
Серпень	20
Вересень	21
Жовтень	21
Листопад	35
Грудень	49

Таблиця 3.2 – Потік прямої сонячної радіації у Київській області за рік

Місяць	Години						
	5	6,3	9,3	12,3	15,3	18,3	22
Січень	0	0	0,03	0,07	0,01	0	0
Лютий	0	0	0,07	0,16	0,06	0	0
Березень	0	0,01	0,17	0,27	0,12	0	0
Квітень	0	0,06	0,3	0,38	0,14	0	0
Травень	0	0,14	0,41	0,43	0,24	0,03	0
Червень	0	0,15	0,3	0,52	0,33	0,06	0
Липень	0	0,18	0,53	0,55	0,36	0,07	0
Серпень	0	0,09	0,44	0,45	0,27	0,02	0
Вересень	0	0,04	0,32	0,37	0,16	0	0
Жовтень	0	0,01	0,16	0,2	0,06	0	0
Листопад	0	0	0,05	0,07	0,03	0	0
Грудень	0	0	0,02	0,05	0	0	0

Таблиця 3.3 – Потік дифузної сонячної радіації у Київській області за рік

Місяць	Години						
	5	6,3	9,3	12,3	15,3	18,3	22
Січень	0	0	0,09	0,17	0,05	0	0
Лютий	0	0	0,15	0,23	0,1	0	0
Березень	0	0,02	0,22	0,28	0,16	0	0
Квітень	0	0,09	0,29	0,36	0,28	0,02	0
Травень	0	0,15	0,34	0,38	0,28	0,07	0
Червень	0	0,17	0,31	0,37	0,28	0,09	0
Липень	0	0,16	0,32	0,39	0,3	0,09	0
Серпень	0	0,11	0,26	0,34	0,25	0,04	0
Вересень	0	0,06	0,23	0,28	0,17	0	0
Жовтень	0	0,01	0,17	0,21	0,09	0	0
Листопад	0	0	0,1	0,13	0,03	0	0
Грудень	0	0	0,07	0,12	0,02	0	0

Дахова СЕС складається з 44 сонячних модулів потужністю 320 Вт кожний. Загальна панельна потужність 14,08 кВт. Модулі підключені до інвертора двома стрінгами по 22 модулі кожний. Кут нахилу панелей – 3°, азимут - 0°. Рис. 3.2 зображає підключення ФЕМ до інвертору.

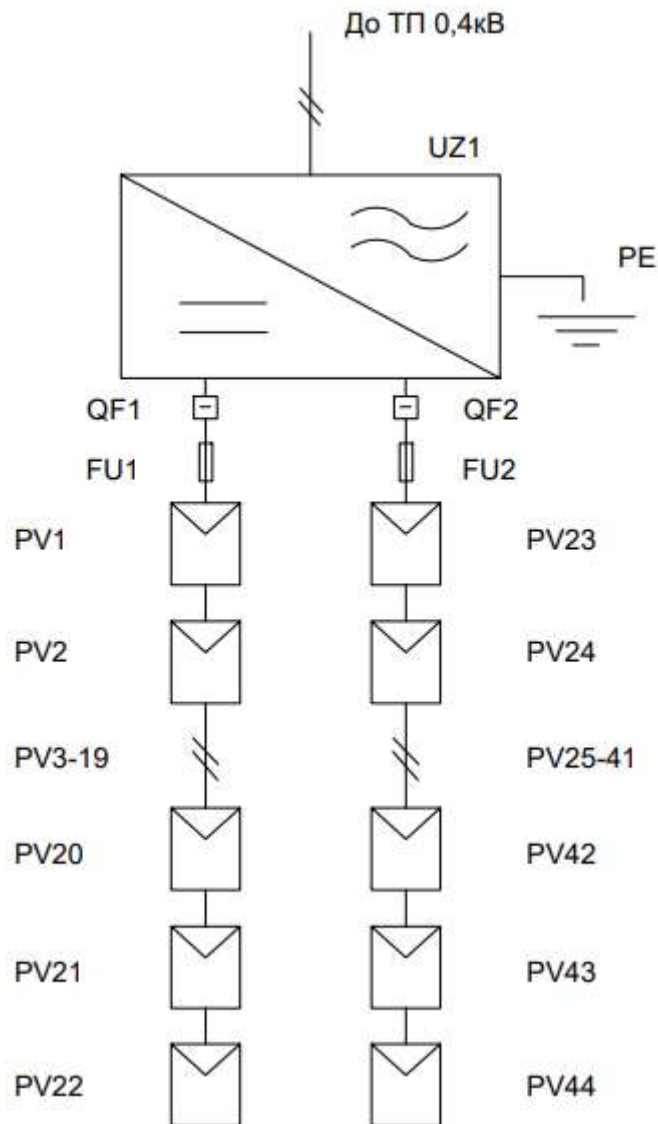


Рисунок 3.2 – Схема підключення стрінгів з ФЕМ до інвертора

Використовуюючи можливості PVsyst, на основі енергетичних характеристик сонячного випромінювання протягом характерної доби, проведено аналіз обсягів генерованої електроенергії масивом фотоелектричних панелей із заданою встановленою потужністю,

розміщених певним чином на місцевості з фіксованими географічними координатами.

Розрахуємо кількість сонячної радіації, що надходить на похилу поверхню (GlobInc) з кутом нахилу 3° до горизонту за допомогою програмного забезпечення PVSyst V7.1.0. Повна радіація, що падає на похилу поверхню обчислюється на основі горизонтальних прямої та дифузної радіації у погодинних значеннях, використовуючи модель Переза або модель Хея. Результати занесені до Табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Кількість сонячної радіації, що надходить на похилу поверхню протягом року

Місяць	GlobInc, кВт*год/м²	Температура н/с, °С
Січень	36	-4,72
Лютий	55,7	-4,03
Березень	95,1	0,83
Квітень	121,6	9,15
Травень	164,9	15,67
Червень	157,8	18,73
Липень	164,3	20,87
Серпень	147,9	20,5
Вересень	96,6	15,11
Жовтень	63,4	8,63
Листопад	32,7	1,1
Грудень	29,2	-3,99
Рік	1165,2	8,22

Сумарна енергія інсоляції за «характерну добу» місяця - W_{xc} визначається за виразом:

$$W_{xc} = \sum_{i=0}^n P_{ixc}$$

де P_{ixc} – інсоляція на i -й годині «характерної доби»;

n – година доби (0...23).

Розрахунковий виробіток електричної енергії ФЕС за кожен місяць року представлений у Таблиці 3.5. E_{Array} – енергія на виході інвертору без урахування втрат, E_{Grid} – енергія на виході лічильника електроенергії з врахуванням втрат в кабелі.

Таблиця 3.5 - Розрахунковий виробіток електричної енергії ФЕС

Місяць	E_{Array}, МВт*год	E_{Grid}, МВт*год
Січень	0,455	0,436
Лютий	0,731	0,707
Березень	1,245	1,209
Квітень	1,558	1,516
Травень	2,056	2,004
Червень	1,939	1,889
Липень	1,991	1,939
Серпень	1,812	1,766
Вересень	1,202	1,168
Жовтень	0,794	0,768
Листопад	0,409	0,391
Грудень	0,36	0,343
Рік	14,552	14,137

Графік генерації електроенергії з урахуванням операційних втрат інвертору, омичних втрат в кабелях, втрат в модулях та інших, зображений на Рис. 3.3.

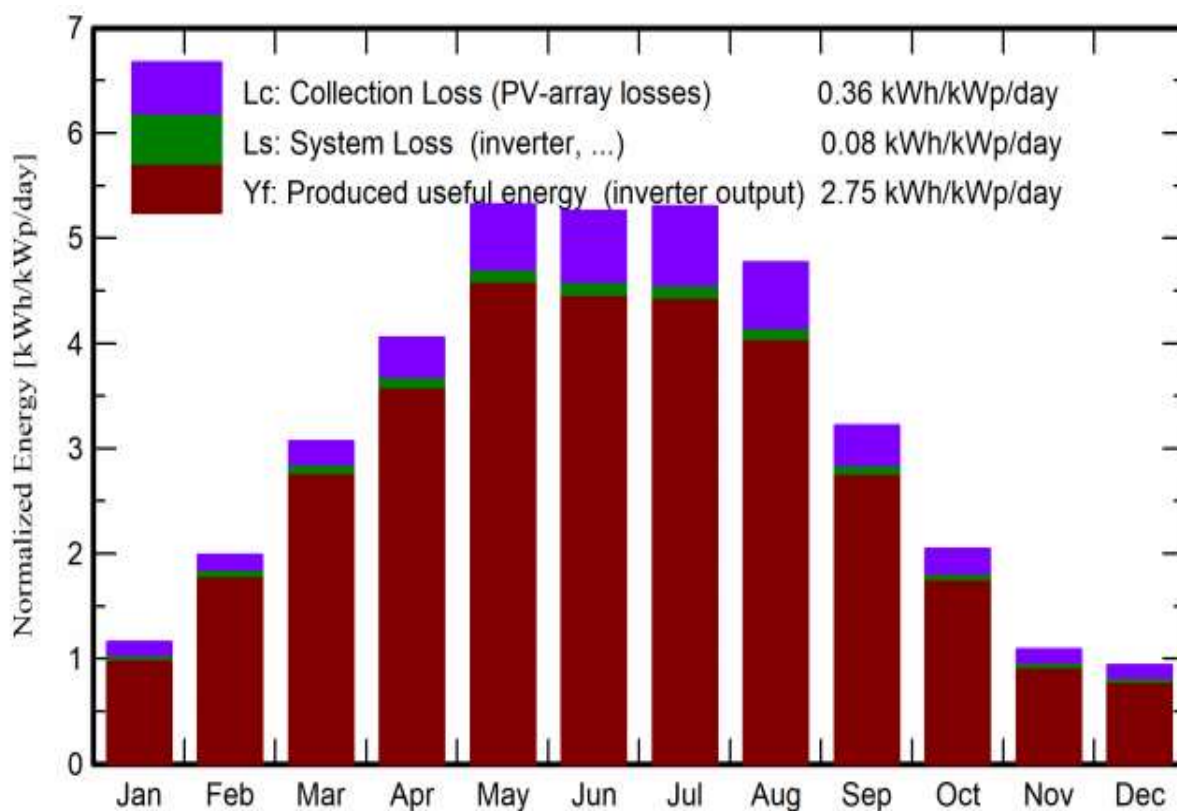


Рисунок 3.3 – Графік генерації електроенергії

3.2 Вибір сонячних модулів

В даній роботі було обрано сонячні модулі фірми Ja Solar JAM60S09-320/PR 320 WP (Рис. 3.4). Монокристалічний фотомодуль JA Solar потужністю 320 Вт за технологією 5BB.

Фотомодулі JA Solar є відмінним продуктом для використання в автономних і мережових фотоелектричних системах. Монокристалічні фотомодулі JA Solar мають одні з кращих показників ефективності в галузі – 19,4%. Допуск по потужності позитивний, від + 0 до 5Вт, що зафіксовано тестами кожної фотопанелі. Детальні характеристики представлені в Табл. 3.6. [20]

Таблиця 3.6 – Характеристики Ja Solar JAM60S09-320/PR 320 WP

Номінальна потужність	320 Вт (0 ~ + 5%)
Струм короткого замикання I_{sc}	10,18 А
Напруга холостого ходу V_{oc}	40,78 В
Струм максимальної потужності I_{mp}	9,65 А
Напруга максимальної потужності V_{mp}	33,17 В
Максимальна напруга системи	DC1000 В
Кількість фотоелементів	60 (158,75 × 158,75 мм)
Запобіжник, не більше	20 А
Розміри	1657 × 996 × 35 мм
Вага	18,4 кг
Тип панелі	монокристал
максимальний ККД	19,4 %
температурний коефіцієнт	~ -0.37%/°C

Фотоелектричний модуль утворений шістдесятьма елементами з монокристалічного кремнію. З лицьового боку кремнієві пластини захищає прозоре, надміцне світлопоглинаюче скло. Задня стінка панелі виготовлена з полімеру (EVA) і всередині покрита шаром алюмінію. Щоб контакт металевої

підкладки і кремнію був локальним, а не повним, як у стандартних електрогенеруючих пристроїв, на фотоелементи наносять шар діелектрика і виконують перфорацію. В цьому і полягає суть PERC (PERCIUM) технології. Панель обрамляє стійкий до корозії алюмінієвий профіль.



*Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд сонячного модуля Ja Solar JAM60S09-320/PR
320 WP*

3.3 Вибір інвертору

Для даної магістерської дисертації обрано мережевий інвертор Fronius SYMO 10.0-3-M (Рис. 3.5). Серія SYMO від австрійської компанії Fronius розроблена для малих і середніх фотоелектричних установок, відрізняється інтелектуальністю і комунікативністю. Завдяки особливому дизайну «СуперФлекс» і двом MPP трекарам з широким діапазоном вхідної напруги сонячні інвертори цієї серії забезпечують максимальну гнучкість конфігурації фотоелектричної системи, підходять частково затінених, різноорієнтованим PV масивів. Вдосконалений алгоритм стеження за

точкою максимальної потужності (технологія DynamicPeakManager) робить пристрою одними з кращих інверторів для «зеленого» тарифу. [21]



Рисунок 3.5 – Зовнішній вигляд Fronius SYMO 10.0-3-M

Всі мережеві інвертори "Фроніус" швидко і легко інсталиуються завдяки запатентованій системі монтажу SnapINverter. Вони компактні і легкі, мають міцний, добре захищений корпус, можуть розміщуватися як в приміщенні, так і надворі. Австрійські інвертори для сонячних електростанцій витримують 25-градусні морози і сильну спеку. Характеристики інвертору показані в Табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Детальні характеристики Fronius SYMO 10.0-3-M

Пікова вхідна потужність	15 кВт
Номінальна вихідна потужність	10 кВт
Максимальний ККД	98 %
Підходить для трифазних мереж	Так

Вбудований WLAN інтерфейс	Так
Робоча температура	від -25° С до +60° С
Кількість MPP трекерів	2 шт
Розміри	725*510*225 мм
Максимальна потужність фотомодулей	22,5 кВт
Макс. потужність ФЕМ на MPPT1/MPPT2	10 / 5
Мінімальна напруга ФЕМ	200 В
Номінальна напруга ФЕМ	600 В
Максимальна напруга ФЕМ	1000 В

Висновок до розділу 3

В даному розділі як резервне джерело опалення було обрано вісім керамічних електронагрівальних панелей RZTK PNL 1542E загальною потужністю 3400 Вт. Живлення даних панелей буде забезпечено за рахунок дахової мережевої сонячної станції. За умови коли цього живлення буде недостатньо, наприклад, за похмурої погоди, електронагрівачі зможуть отримувати електроенергію з мережі. Аналогічно, за умови перевиробітку електроенергії, наприклад, влітку при високій інсоляції, електроенергії доцільно продавати в мережу по «зеленому» тарифу. Сумарна розрахована генерація в рік від електростанції складає 14,137 МВт*год. Обрано сонячні модулі типу Ja Solar JAM60S09-320/PR 320 WP та інвертор Fronius SYMO 10.0-3-M. Модулі розміщені на даху під кутом 3°.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Вимоги під час будівництва

На будь-якому виробництві повинна дотримуватися техніка безпеки. Особливо потрібно бути уважним при роботі з механічними інструментами, роботі на висоті і електрикою. Якщо процесом будівництва займається бригада будівельників, в такому випадку відповідальність за техніку безпеки бере на себе підрядник. Перед тим як приступити до роботи, бригада будівельників повинна пройти інструктаж по ТБ і розписатися в журналі. Також працівники проходять обов'язковий медичний огляд, щоб переконатися, що здоров'я всіх членів бригади відповідає нормам.

Будівництво будинку - досить трудомісткий процес. Основну частину роботи потрібно виконувати на відкритому повітрі, і в цьому випадку фактором ризику можуть бути погодні умови. Якщо довгий час працювати під жарким сонцем, є ризик отримати сонячний удар, також робота при низькій температурі (в зимовий період) може бути причиною різних захворювань або обмороження. Причиною травми може стати необережне поводження з інструментами - наприклад, удар молотком, поранення свердлом перфоратора, диском болгарки тощо. Дуже частою причиною травм є потрапляння осколків і пилу в очі працівників. Будівельні роботи в приміщенні можуть бути небезпечні, якщо приміщення не обладнані системою вентиляції. Велика кількість пилу може призвести до забруднення дихальних шляхів, а випаровування від різних хімічних розчинників, фарби і клею можуть викликати запаморочення і навіть отруєння хімічними речовинами. Також небезпечними чинниками є можливість падіння з висоти, обвалення будівельних конструкцій, ураження електричним струмом та інше.

На кожному об'єкті будівництва належить виділяти приміщення або місця для розміщення аптечок з медикаментами, носилок, фіксуєчих шин та інших засобів для надання першої допомоги постраждалим. Усі працюючі на будівельному майданчику повинні бути забезпечені питною водою, якість якої має відповідати санітарним вимогам. Питні установки слід розташовувати на відстані не більше 75 м по горизонталі і 10 м по вертикалі від робочих місць.

Керівники організацій зобов'язані забезпечити на будівельному майданчику і робочих місцях необхідні умови для виконання підлеглими робітниками і службовцями вимог правил та інструкцій з охорони праці. При виникненні загрози безпеці особа, призначена наказом керівником робіт, зобов'язана припинити роботи і вжити заходів щодо усунення небезпеки, а при необхідності забезпечити евакуацію людей в безпечне місце. Допуск сторонніх осіб, а також працівників у нетверезому стані на територію будівельного майданчика, на робочі місця, у виробничі та санітарно-побутові приміщення забороняється. [12]

Одним з важливих способів захисту є спецодяг, а також індивідуальні засоби захисту в залежності від виконуваної роботи - окуляри, навушники, маска (для зварювальних робіт) та рукавички. Для робіт в погано вентильованих приміщеннях використовують респіратор. Будівельники, які будуть виконувати роботу на висоті повинні мати монтажний пояс і пояс для інструментів. Всі особи, що знаходяться на будівельному майданчику, зобов'язані носити захисні шоломи за ГОСТ 12.4.087-84. Робочі і інженерно-технічні працівники без захисних шоломів та інших необхідних засобів індивідуального захисту до виконання робіт не допускаються. Будівельні компанії зобов'язані забезпечувати своїх працівників всілякими засобами індивідуального захисту за свій рахунок. У разі якщо бригада працює самостійно, забезпечення засобами захисту - справа самих будівельників. Правильна організація будмайданчика - це норма, яка дозволить виконувати роботу без травматизму. Будівельний майданчик повинна бути обладнана місцями для збору сміття та будматеріалів. Крім того, повинні бути позначені місця для безпечного транспортування будівельних матеріалів, місця для куріння, туалети, столові і роздягальні. Дотримання норм техніки безпеки, будь то будівництво будинків або ремонтні роботи, вимагає уваги. І для якісної роботи і збереження здоров'я людей, які виконують цю роботу, просто необхідне. [13]

4.2 Пожежна безпека

При ремонті і будівництві будинків, важливо правильно підбирати матеріал. Сучасні технології та матеріали йдуть на зустріч своїм покупцям, і надають негорючі утеплювачі і просочення для будівлі. На перший погляд такі матеріали здаються дрібницею, але в майбутньому допоможуть уникнути проблем. Дані матеріали виконують дві найважливіші функції. Є теплоізоляторами, зберігають тепло в будинку, і завдяки спеціальному складу властивостей захищають будівлю від вогню. Такі матеріали не несуть з собою функцію підтримки горіння. Матеріали стійкі до зміни температури, і надійні на довгий час. Що стосується просочень для будівлі, таку процедуру для вашого будинку, можна виконати власними руками. За допомогою кисті, валика або розпилювача. При нанесенні просочення, утворюється плівка, яка покриває деревину. Виготовляють просочення на основі різноманітних солей і особливих добавок, які перешкоджають горінню і охолоджують деревину. При взаємодії з вогнем такі розчини розпадаються на повітряні і тверді продукти. Дія просочення на будівлі походить від трьох до п'яти років, після закінчення цього терміну потрібно повторювати процедуру просочення будівлі. При виборі і купівлі будматеріалів, утримайтеся від придбання швидко займистих матеріалів. Приділіть величезну увагу на проводку в приміщенні, вона повинна бути якісно заізольована і заземлена. Назва статті говорить багато про що, і пожежна безпека повинна бути не тільки при будівлі будинку. Приватні будинки і котеджні селища, знаходяться далеко від цивілізації, тому на випадок пожежі необхідно мати устаткування пожежегасіння самостійно, до приїзду пожежників. Пристрої пожежогасіння так само діляться на дві категорії, як і матеріали. Локального і системного застосування. [14]

4.2.1 Локальні пристрої для гасіння пожежі

Якщо будинок розташований у видаленні від стаціонарних пунктів пожежної охорони зони, не зайвим буде обладнати будинок всілякими

пристроями пожежогасіння, до яких відносяться конструкції локальної дії - вогнегасники. Це один з найпоширеніших і простих способів швидкого гасіння загорянь. Оптимальним варіантом для використання в замських будинках є:

Вуглекислотні вогнегасники. Діюча речовина - рідкий вуглекислий газ під тиском. Застосовуються практично БЕЗ будь-яких обмежень (навіть автомобілістами для гасіння авто).

Порошкові вогнегасники. Діюча речовина - найтонший порошок спеціального призначення під тиском азоту або вуглекислого газу. Такий вогнегасник може зберігатися і потім експлуатуватися в будь-яких погодних умовах. Необхідна перезарядка раз в на п'ять років і щорічне струшування вмісту.

Повітряно-пінні вогнегасники. Діюча речовина - 6%-ий розчин піноутворювача на основі води. Під дією стисненого газу відбувається викид вогнегасної речовини з утворенням піни. Може зберігатися і потім без перебоїв застосовуватися тільки при плюсовій температурі, потребує перезарядки (раз в 5-6 років).

4.2.2 Системні пристрої

Однією з найбільш ефективних систем гасіння пожежі є установка в замських будинках дренчерних або спринклерних конструкцій гасіння пожежі розпорошеної тонкоструйної водою. Це мережа трубопроводів з розбризкувальними форсунками, закріпленими на стелі.

В дренчерних системах форсунки відкриті і готові до використання. В спринклерних ж вони знаходяться під спеціальними захисними замками (легкоплавкими насадками), які під впливом високої температури просто розплавляються, даючи вихід рятівним потокам води.

В одній кімнаті можуть розташовуватися відразу кілька розбризкуючих форсунок, обладнаних термочутливими елементами, які спрацьовують при

задимлення і появи полум'я. Водні потоки під тиском надходять в приміщення, що загорілося і розпорошуються в кімнаті. Відбувається гасіння пожежі. [14]

Для уникнення пожежі, слід виконувати елементарні запобіжні заходи:

- НЕ захаращувати приміщення;
- при наявності в будинку каміна, стежити за вогнем, якщо в приміщенні проведений газ тоді балон слід встановити на вулиці;
- не курити і не використовувати піротехніку в приміщенні;
- пам'ятайте наявність систем пожежогасіння, не є захистом від виникнення пожежі;
- Не використовуйте пошкоджені електроприлади;
- Користуйтеся справними розетками;
- Чи не зафарбовуйте фарбою і не заклеювати шпалерами відкрито електропроводку;
- Проводи не повинні знаходитися на нагрівається поверхні;
- Зберігайте горючі матеріали далеко від електронагрівальних приладів;
- Не залишайте включеними електроприлади, коли залишаєте будинок;
- Залишайте електронагрівальні прилади тільки на негорючих підставках.

4.3 Охорона праці при встановленні сонячних панелей

Працівники, які встановлюють і/або обслуговують сонячні батареї, часто працюючи на дахах, використовують сходи і монтажні підмости, знаходяться в безпосередній близькості від виступів та козирків і схильні до небезпеки падіння. У міру встановлення більшої кількості сонячних батарей на поверхні даху, зона для ходьби, яка колись могла бути доступна, може бути недоступна для робітників. Це може змусити робочих протискуватися повз або проходити дуже близько до люків на даху і/або стельовим вікнам. Для захисту працівників від цієї потенційної небезпеки падіння через мансардні вікна,

кромки дахів і люки дахів роботодавці повинні переконатися, що мансардні вікна захищені або що працівники, які перебувають поблизу мансардних вікон, використовують засоби індивідуального захисту від падіння.

Будівельники, які беруть участь в установці сонячних батарей, які зазнають впливу падіння на відстані 2 м і більше, повинні бути захищені від падіння одним з таких методів:

- Системи огороження
- Системи безпеки
- Персональні системи захисту від падіння

Сонячні батареї повинні бути надійно підняті на дах. Ні в якому разі не можна дозволяти робочим в процесі перенесення сонячних батарей підніматися по сходах. Скрізь, де це можливо, слід використовувати підйомне устаткування, таке як сходові підйомники, маятникові підйомники або автокрани/конвеєри.

Смертельне ураження електричним струмом є основною небезпекою, але також при установці сонячних батарей можуть статися опіки. Інша небезпека пов'язана з використанням інструментів і обладнання, які можуть стикатися з лініями електропередач. Працівники, які піддаються потенційній небезпеці ураженням електричного струму, повинні бути забезпечені відповідними електрозахисними засобами і повинні ними користуватися протягом роботи. Електрозахисні засоби повинні підтримуватися у безпечному та надійному стані. Їх необхідно періодично перевіряти або тестувати. Засоби захисту необхідно зберігати і перевозити з дотриманням умов, що забезпечують виконання вимог заводів-виробників. Вони повинні бути захищені від зволоження, забруднення і механічних пошкоджень. Засоби захисту необхідно зберігати в закритих приміщеннях. Засоби захисту з гуми та синтетичних матеріалів, що знаходяться в експлуатації, необхідно зберігати в спеціальних шафах, на стелажах, полицях, в ящиках, сумках або в чохлах. Вони повинні бути захищені від впливу масел, бензину, кислот, лугів та інших руйнівних речовин, а також від прямого впливу сонячних променів і

тепловипромінюючих нагрівальних приладів. Засоби захисту з гуми та синтетичних матеріалів, що знаходяться на складі, необхідно зберігати в сухому приміщенні при температурі від 0°C до +25°C.

Роботи по обслуговуванню сонячних батарей теж підпадають під правила охорони праці. Такі працівники, котрі піддаються небезпеці падіння з висоти 1,5 м і більше, повинні бути захищені стандартними огорожами. Якщо огорожа неможлива, то робітники повинні бути захищені таким пристроєм захисту від падіння, як персональна система захисту від падіння або захисна сітка. [15]

Для того щоб знизити ризик виникнення ураження електричним струмом або пожежі, сонячні батареї повинні бути заземлені згідно з правилами безпеки. Також, сонячні батареї слід підключати з дотриманням полярності (позитивний вивід до позитивного, негативний - до негативного). Неправильне підключення кабелів може призвести до пошкодження або руйнування обладнання. Крім того, установка сонячних батарей не виконується при сильному вітрі.

4.4 Експлуатація сонячних батарей

Основне правило безпечного використання сонячної системи - її періодичне обслуговування. Саме регулярність технічного догляду за сонячними батареями та іншими компонентами загальної системи стане запорукою її довгої і безаварійної роботи. Такі роботи повинні проводитися 1-2 рази на рік (в залежності від умов експлуатації сонячних батарей) і включати:

- перевірку цілісності батарей і кріпильних елементів;
- очистку інверторів від пилу, яка може сприяти перегріву пристрою;
- перевірку заземлення та надійності ізоляції струмоведучих провідників;
- тестування електропроводки на предмет витоків енергії.

Планові роботи не обійдуться і без очищення поверхні самих сонячних батарей, адже від чистоти панелей, які беруть на себе промені світла, залежить кількість одержуваної і генерується в електричну сонячної енергії. Розрахунки

показують, що багатомісячний шар пилу здатний довести рівень втрат в генерації струму до 20%. Ось чому регулярне очищення батарей - гарантія високого ККД при роботі будь-якої сонячної електростанції. [16]

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА СТАРТАП-ПРОЕКТУ

5.1 Мета розробки стартапу

Підсумовуючи результати проведеної роботи щодо підвищення рівня енергетичної ефективності та енергозбереження житлового приватного будинку можна зробити висновок, що архітектурні, конструктивні та технічні рішення, що впроваджені на стадії проектування будинку, сприяють заощадженню ресурсів на опалення та кондиціонування під час експлуатації. За рахунок комбінації пасивних та активних сонячних систем в поєднанні з високоякісною ізоляцією можна досягнути стовідсоткового забезпечення тепловою енергією приватного будинку.

Цим підрозділом магістерської дисертації ставиться завдання оцінки рентабельності інвестицій для даних технічних рішень з метою висвітлення та популяризації підходу до будівництва енергоефективного пасивного житла.

Розділ розглядає наступні напрями у реалізації стартап-проекту:

- Ідея стартап-проекту;
- Тарифи на електроенергію та газ;
- Технологічний аудит стартап-проекту;
- Окупність пасивних технологічних рішень;
- Окупність технологічних рішень з урахуванням СЕС.

5.2 Ідея стартап-проекту

Таблиця 5.1 Описання основної ідеї стартап проекту

Зміст ідеї стартап-проекту	Напрямки застосування	Переваги для користувача
Основна ідея проекту полягає у поєднанні пасивних конструкцій з активними сонячними системами.	Застосування для будівництва приватних будинків.	Можливість заощадження теплової енергії для забезпечення потреб домогосподарства та отримання прибутку за рахунок продажу електроенергії.

В таблиці 5.2 зазначені основні переваги і недоліки в порівнянні з основним конкурентом компанією Авенстон.

Таблиця 5.2 – Основні переваги та недоліки в порівнянні з основним конкурентом

№	Основні техніко-економічні характеристики	Конструкції конкурентів	
		Мій проєкт	Проєкт конкурентів
1	Доступність	+	-
2	Екологічність	+	+
3	Універсальність для різних типів місцевості	+	-
4	Простота в експлуатації	+	+
5	Автоматизованість	-	-

Для впровадження і розвитку проєкту необхідно оцінити основні можливості ринку і попиту, а також провести аналіз основних ринкових загроз, що можуть завдати шкоди виробництву, враховуючи потреби клієнтів, пропозиції конкурентів, а також враховуючи стан ринку.

Питання енергоефективності в Україні зараз важливіше, ніж будь-коли. Економіка України відзначається дуже високим рівнем енергоспоживання, у порівнянні з міжнародним. Споживання первинної енергії, по відношенню до внутрішнього валового продукту України, перевищує середній світовий показник у 2,5 рази. В умовах постійного дорожчання цін на енергоносії, у споживачів поступово виріс попит на енергоефективне житло. Існує тільки одне рішення – економія енергії. Будівельному сектору України необхідно створити умови тут і зараз. Будинки проєктуються на термін служби у 50 років, але найчастіше вони знаходяться в експлуатації набагато довше. Це означає, що ті, хто сьогодні будує неправильно, матимуть проблеми і після свого виходу на пенсію, а потім ці проблеми успадкують їхні діти. Завдяки

законодавчим ініціативам уряду та змінам у свідомості населення та суб'єктів господарювання спостерігається поширення заходів енергоефективності при будівництві, ремонті та реконструкції будівель.

Тому можна зробити висновок, що ринок енергопасивного будівництва тільки зароджується, а, отже, відкритий для нових нестандартних рішень та пропозицій, які пропонує даний стартап.

5.3 Тарифи на електроенергію та газ

За даними НКРЕКП «зелений» тариф на електричну енергію, вироблену з енергії сонячного випромінювання генеруючими установками приватних домогосподарств, встановлена потужність яких не перевищує 30 кВт та які введені в експлуатацію:

- з 01 квітня 2013 року по 31 грудня 2014 року – 1183,13 коп/кВт·год (без ПДВ);
- з 01 січня 2015 року по 30 червня 2015 року – 1064,11 коп/кВт·год (без ПДВ);
- з 01 липня 2015 року по 31 грудня 2015 року – 660,85 коп/кВт·год (без ПДВ);
- з 01 січня 2016 року по 31 грудня 2016 року – 627,10 коп/кВт·год (без ПДВ);
- з 01 січня 2017 року по 31 грудня 2019 року – 596,90 коп/кВт·год (без ПДВ);
- з 01 січня 2020 року по 31 грудня 2024 року – 536,50 коп/кВт·год (без ПДВ).

Отже, для нашого домогосподарства зелений тариф складає 536,50 коп/кВт·год (без ПДВ).

Тариф на газ приймаємо згідно даних НКРЕКП – 8,88 грн / м³. [22]

5.4 Технологічний аудит стартап-проєкту

Техніко-економічний розрахунок мережевої сонячної електростанції приведений в Табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Техніко-економічний розрахунок мережевої СЕС

Товар	Модель	Кількість	Ціна за 1 шт, грн	Сума, грн
Сонячна панель	Ja Solar JAM60S09-320/PR 320 WP	44 шт.	4000	176 000
Мережевий інвертор	Fronius SYMO 10.0- 3-M	1 шт.	81766	81766
Кріплення	Система кріплень профілю для монтажу сонячних панелей на дах (оцинкований профіль)	44 шт.	400	17 600
Конектор	Набір конекторів MC4	25 шт.	45	1125
Кабель соларний	TOP Cable, 4mm	140 м.	24,3	3402
Електрофурнітура	ОПН GBL, автомат, Щит ЕТІ, кабель силовий СІП 4*25.5 категорія, інші витрат матеріали	1 комплект	3780	3780
Монтажні та пуско-налагоджувальні роботи	Робота по встановленню та запуску сонячної електростанції "під ключ"	1 шт.	18 900	18 900
Всього:				302 573

Розрахунок окупності СЕС представлений у Табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Розрахунок окупності мережевої СЕС 10кВт.

Економічний показник	Вартість, грн
1	2
Середньорічний виробіток електроенергії, кВт*год	14137
Власне річне споживання електроенергії, кВт*год	7000

Надлишок електроенергії за рік, кВт*год	7137
Ціна «зеленого тарифу» без ПДВ, коп/кВт·год	536,50
Прибуток від продажу електроенергії за рік, грн	38290
Економія щодо власного споживання на рік (тариф 168 коп/кВт·год)	11760
Вартість електростанції	302 573
Термін окупності, років	$(302573)/(38290+11760) = 6$ років

Площа будинку 349 м², приймаємо, що квадратний метр побудови коштує 5000 грн. Отже будівництво звичайного будинку коштуватиме – 1 745 000 грн.

Приймаємо, що пасивні рішення коштуватимуть 15 % від вартості будинку, тобто 261 750 грн.

Розрахуємо вартість опалення будинку без урахування пасивних технологій.

Приймаємо, що для підтримання комфортних умов звичайного будинку необхідно в середньому 600 м³ газу щомісяця.

Опалювальний період 6 місяців.

Отже, кількість газу необхідного для опалення будинку в рік:

$$K_{\text{газу}} = 600 \cdot 6 = 3600 \text{ м}^3$$

В грошовому еквіваленті:

$$8,88 \cdot 3600 = 32\,000 \text{ грн/рік}$$

Розрахуємо строк окупності пасивних технічних та конструкційних рішень, що представлені в дані магістерській дисертації.

Маємо:

$$PP = \frac{261\,750 \text{ грн}}{32\,000 \text{ грн}} = 8 \text{ років}$$

Строк окупності для пасивної та активної сонячної систем разом складає:

$$PP_{\text{заг}} = \frac{261\,750 + 302\,573}{38290 + 11760 + 32\,000} = \frac{564\,323}{82\,050} = 7 \text{ років}$$

В результаті можна зробити висновок, що комбінована система пасивних та активних сонячних рішень зменшить термін окупності та підвищить надійність системи теплопостачання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті розрахунків тепловтрат та аналізу пасивних рішень можна зробити висновок, що будівництво споруд різного призначення з нульовим енергетичним балансом стає практичним і економічно вигідним, коли витрати на застосування альтернативних енергетичних технологій знижуються, а ціни на викопні види палива зростають. Енергоефективне будівництво, енергозберігаючі матеріали і нові технологічні системи цікавлять все більше людей в Україні. Низька ефективність використання первинної енергії, не в останню чергу, пов'язана з поганим станом житлового фонду, зношеністю інженерного обладнання та мереж теплопостачання.

В роботі був проведений розрахунок стіни Тромба-Мішеля, яка забезпечить 59,6% теплового надходження в пасивний будинок, а отже, забезпечить економію викопних видів палива, таких як газ і окупиться інвестору за 8 років.

Наступним кроком був розрахунок резервного джерела живлення, за умови коли теплопостачання від пасивних конструкцій буде недостатньо для комфортного проживання мешканців будинку. Живлення резервного джерела теплопостачання забезпечить розрахована дахова СЕС, що під'єднана до мережі. За умови надмірної генерації електроенергії, невикористана електроенергія буде продаватись в мережу за «зеленим» тарифом. Строк окупності даної системи склав 6 років.

Останнім етапом був проведений розрахунок окупності комбінованої системи і він склав 7 років. Можна зробити висновок, що поєднання даних систем може зменшити термін окупності та забезпечити нульове споживання теплової енергії з мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. The Passive House Institute [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://passivehouse.com/>.
2. Пасивний будинок: що це, переваги та недоліки [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://comfortsellers.com.ua/pasyvnyy-budynok-shcho-tse-perevahy-ta-nedoliky/>.
3. Пасивні будинки та їх принципи проектування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://avenston.com/articles/passive-houses/>.
4. "Пасивний будинок": архітектурний аспект [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.osobnyak.com.ua/spip.php?article302>.
5. Holloway D. Пассивный солнечный дом: Простой метод проектирования Методика проектирования систем отопления пассивных солнечных домов на основе принципов прямого и косвенного обогрева / Dennis Holloway.
6. Стена Тромба в доме — как использовать пассивное солнечное тепло? [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://gidproekt.com/stena-tromba-v-dome-kak-ispolzovat-passivnoe-solnechnoe-teplo.html>.
7. Рівень теплоізоляції Пасивних Будинків [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://passivehouse-igua.com/passive-house/the-level-of-insulation-passive-houses/>.
8. Active for more comfort: Passive House. International Passive House Association. – 2018.
9. Татьяна Эрнст [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.ernst.kiev.ua/philosophie_ru.html.
10. Характеристика клімату Київської області [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/5025387/page:2/>.
11. Архив погоды [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://world-weather.ru/archive/ukraine/nemeshayevo/>.
12. НПАОП 45.2-7.02-80 Техника безопасности в строительстве [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ohranatruda.in.ua/pages/4898/>.
13. Техника безопасности при строительстве загородного дома [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.znakcomplect.ru/poleznosti/example/stroitelstvo/tekhnika-bezopasnosti-pri-stroitelstve-zagorodnogo-doma.html>.

14. Пожежна безпека в замиському будинку [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://evrodim.com/publications/inzhenernye-sistemy/pozhezhna-bezpeka-v-zamiskomu-budinku>.
15. Occupational Safety and Health Administration [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.osha.gov/dep/greenjobs/solar_loto.html.
16. О безопасности эксплуатации солнечных батарей [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.znakcomplect.ru/poleznosti/example/preduprezhden-znachit-vooruzhen/o-bezopasnosti-ekspluatacii-solnechnyx-batarei-vxodyaschix-v-sistemu-avtonomnogo-elektrosnabzheniya.html>.
17. Утеплення газобетону. Будівництво пасивних будинків з газоблоків Ytong. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.ytong.ua/ua/news_uteplennia-gazobetonu-budownictwo-pasiwnych-blokow-z-gazoblokov-ytong.php.
18. Утеплення газобетону [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.maximuscentr.com.ua/uteplennia-hazobetonu-mineralnoiu-vatoi/>.
19. Керамічна електронагрівальна панель RZTK PNL 1542E [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://bt.rozetka.com.ua/ua/rztk_pnl_1542e/p250698406/.
20. Сонячні панелі JA Solar [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://eco-tech.com.ua/ua/p959778927-solnechnye-paneli-solar.html?utm_medium=cpc&utm_source=adsgoogle&utm_campaign=dsa&utm_content=b_c_&gclid=Cj0KCQiA5vb-BRCRARIsAJBKc6JpnWRLuOKq-HS1x0T_Lx4btm1Y27MoPwxHOYwIuvZLEpjdXWnfBnUaAIEVEALw_wcB.
21. Fronius SYMO [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://atmosfera.ks.ua/solar-fotoelectric-system/invertor/setevoy-invertor-fronius-symo-10-0-3-m.html>.
22. НКРЕКП [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.nerc.gov.ua/>.
23. Енергоефективне вікно [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://veka.ua/ua/production/plastikovye-okna/energoeffektivnoe-okno/>.