

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інженерний науково-навчальний інститут

(назва факультету)

кафедра електротехніки та енергоефективності

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень

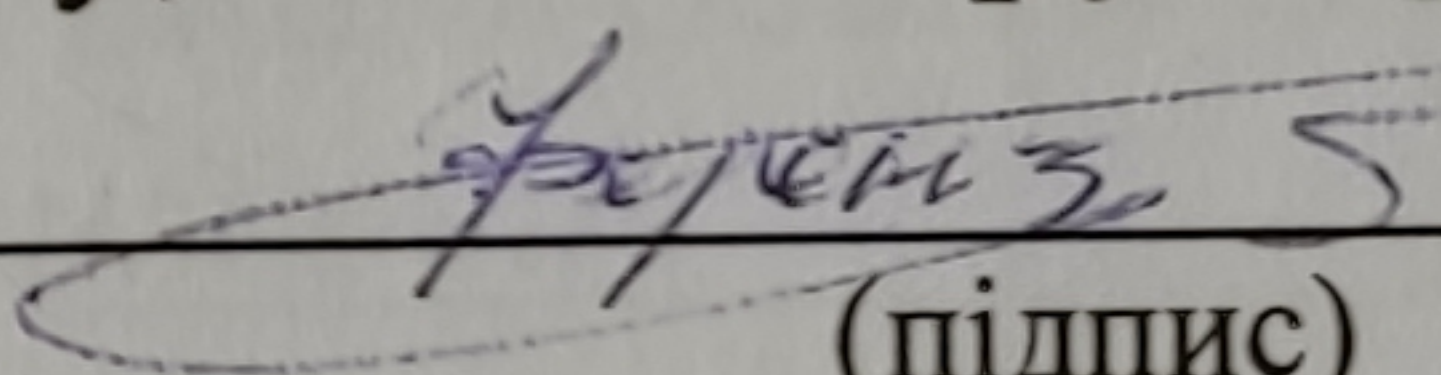
(другий (магістерський) рівень)

на тему Підвищення ефективності енергоспоживання житлового фонду за рахунок оптимізації енергетичних потоків будівлі.

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1410

Ференчук Ілля Васильович

(ПІБ)


(підпис)

спеціальності 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва)

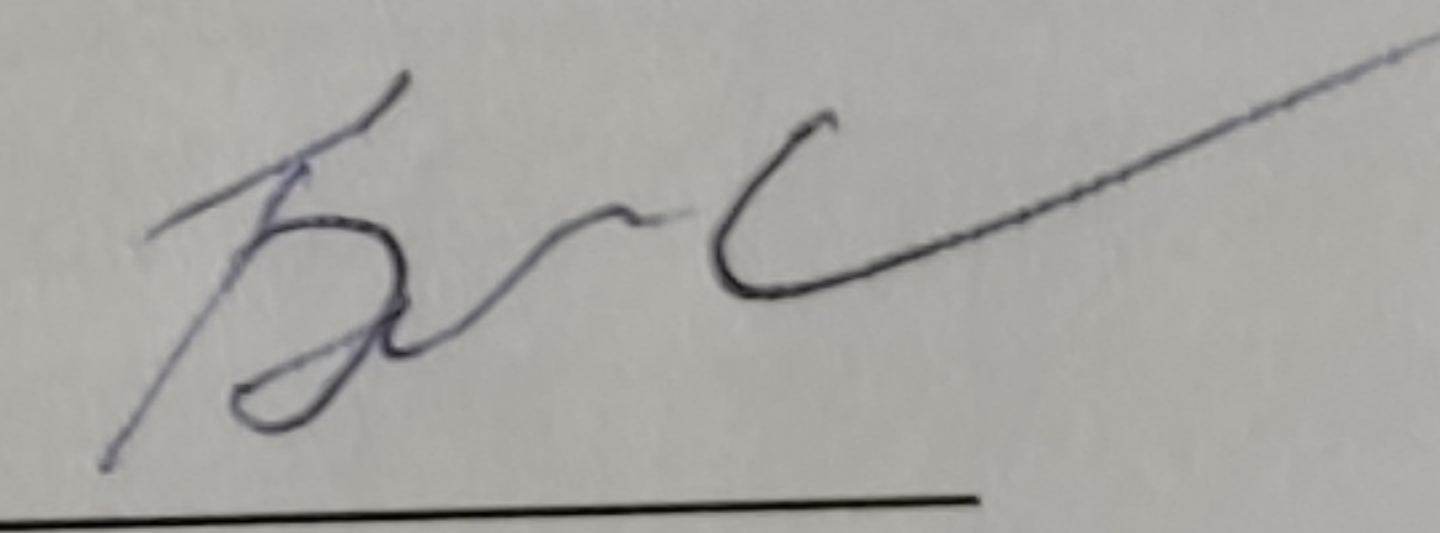
освітньо-професійна програма 141 «Електроенергетика,

електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва)

Керівник Башлій С.В.

(прізвище та ініціали)

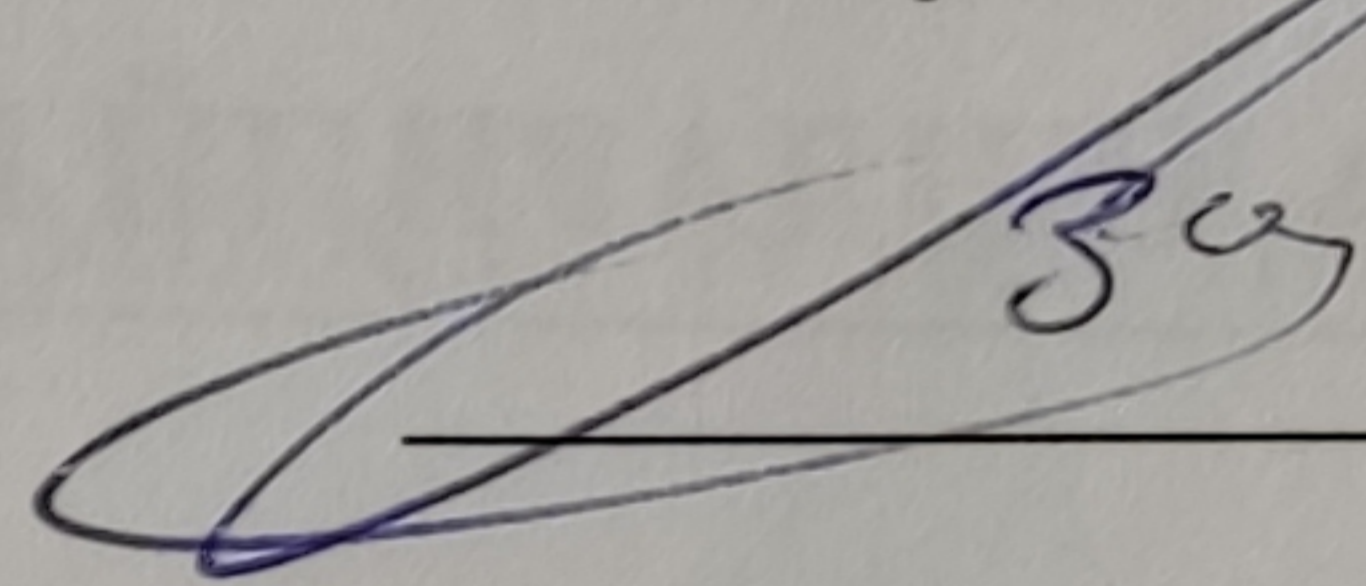

(підпис)

Запоріжжя - 20 21 року

Факультет Інженерний науково-навчальний інститут
Кафедра кафедра електротехніки та енергоефективності
Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень
(другий (магістерський) рівень)
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва)
Спеціалізація _____
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕЕЕ ІННІ ЗНУ



В.Л. Коваленко

“ 14 ” 12 2021 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»

Ференчук Ілля Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра Підвищення ефективності енергоспоживання житлового фонду за рахунок оптимізації енергетичних потоків будівель

керівник кваліфікаційної роботи магістра Башлій Сергій Вікторович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “30” 06 2021 року № 974-с

2. Строк подання здобувачем кваліфікаційної роботи магістра _____
3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи магістра Дослідження особливостей впровадження концепції «Пасивний будинок» за інженерно-технічними характеристиками будівлі за адресою Вінницька обл., м. Іллінці, вул. Свободи, буд. 3.

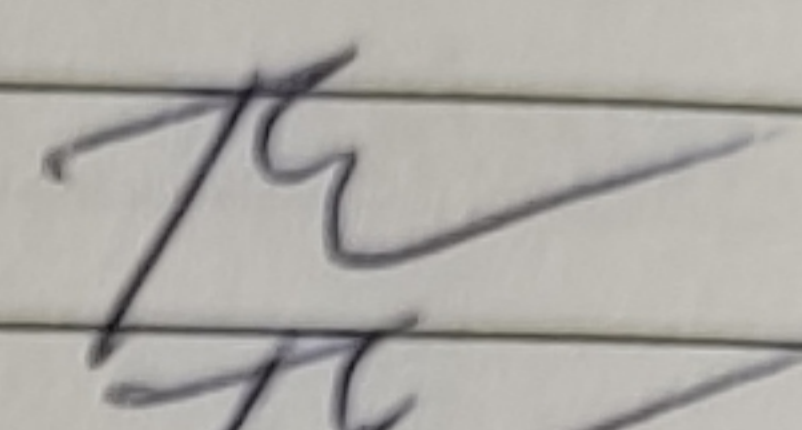
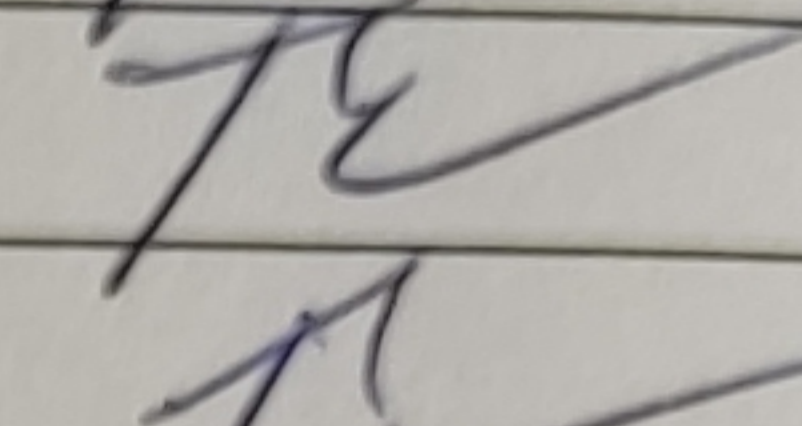
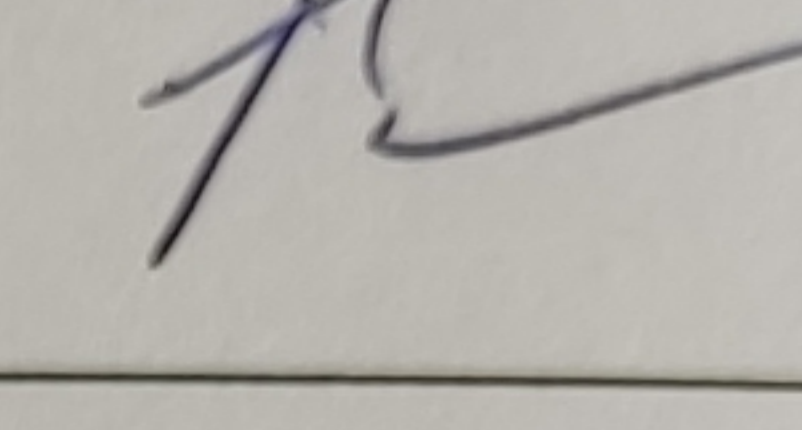
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Покращення енергозберігаючих показників та підвищення енергоефективності житлових приватних будинків за рахунок впровадження елементів концепції «Пасивного будинку». які б підходили до проектування більшості типів приватних домогосподарств в Україні.

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

1) Підвищення ефективності енергоспоживання житлового фонду за рахунок оптимізації енергетичних потоків будівель. 2) Приклади пасивних будинків. 3) Порівняльний аналіз ефективності видів первинного палива. 4) Планування проектного будинку і вертикальні

побутовими приладами та добовій графік навантаження. 6) Тепловтрати окремих конструкцій та будинку в цілому. 7) Моделювання споживання теплової енергії для опалення та ГВП. 8) Базовий рівень енергоспоживання та методи підвищення енергоефективності будинку. 9) Основні етапи і фактори, що передують моделюванню. 10) Моделювання режимів роботи системи опалення та ГВП. 12) Розрахунки чутливості проекту до зміни капітальних втрат, тарифу та ставки дисконтування.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи магістра:

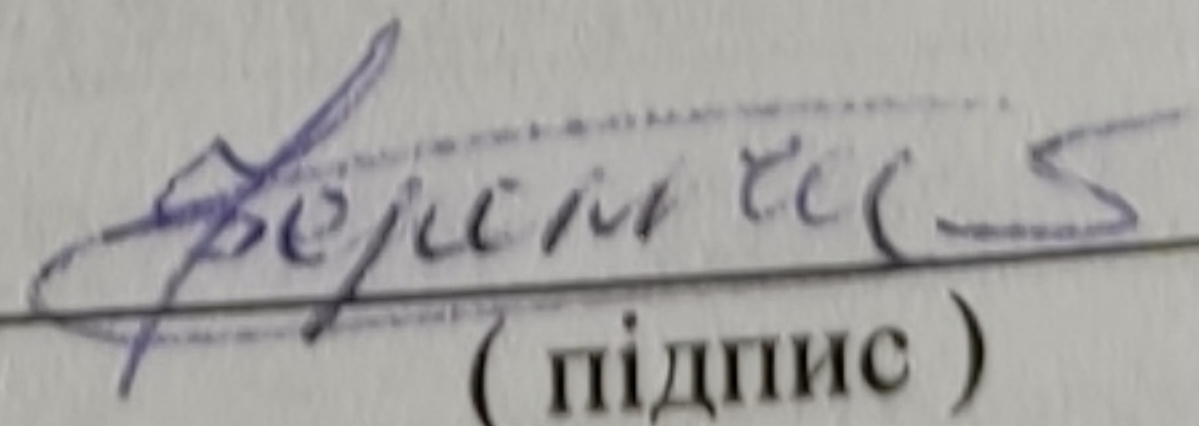
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		Завдання прийняв
Загальна частина	Башлій С.В.	
Експериментальна частина	Башлій С.В.	
Охорона праці та техногенна безпека	Башлій С.В.	

7. Дата видачі завдання 01.09.21

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи магістра	Примітки
1	Літературний огляд поставленої проблеми. Формування концепції «пасивного будинку».	30.09.21	
2	Закордонні та вітчизняні приклади застосування концепції на реальних будівництвах.	10.10.21	
3	Сучасні технології модернізації інженерних систем будівлі, що знижують енергоспоживання.	15.10.21	
4	Підвищення енергоефективності опалення будинку.	25.10.21	
5	Підвищення енергоефективності ГВС будинку.	30.10.21	
6	Пропозиції щодо вентиляції житлових приміщень.	15.11.21	
7	Оптимізація енергопостачання будівлі.	20.11.21	
8	Техніко-економічні розрахунки запропонованих заходів та фінансова оцінка інвестиційного проекту.	25.11.21	
9	Охорона праці та техногенна безпека	27.11.21	
10	Оформлення кваліфікаційної роботи і презентації.	29.11.21	
11	Проходження перевірки на плагіат. Оформлення рецензії.	30.11.21	

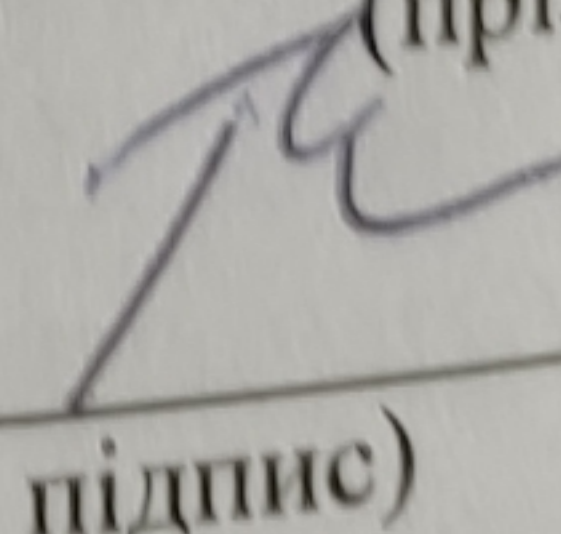
Здобувач вищої освіти


(підпис)

І.В. Ференчук

(прізвище та ініціали)

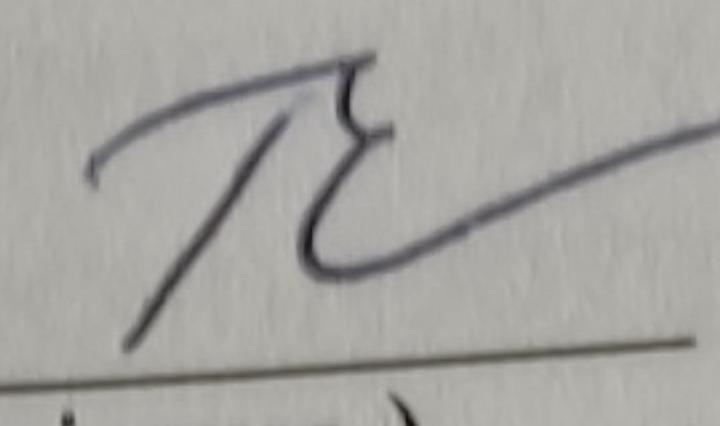
Керівник кваліфікаційної роботи магістра


(підпис)

С.В. Башлій

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль здійснив


(підпис)

С.В. Башлій

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Ференчук І.В. Підвищення ефективності енергоспоживання житлового фонду за рахунок оптимізації енергетичних потоків будівель.

Кваліфікаційна робота магістра на здобуття вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», науковий керівник С.В. Башлій, Запорізький національний університет, Інженерний науково-навчальний інститут, кафедра електротехніки та енергоефективності. Запоріжжя, 2021.

У роботі виконано комплекс досліджень, спрямованих на розробку і вдосконалення енергетичної ефективності житлових приватних будинків шляхом впровадження енергозберігаючих заходів, які б могли бути застосовані при проектуванні більшості типів приватних домогосподарств в Україні.

Розроблено методологію оцінювання впровадження ресурсо- та енергозберігаючих технологій для підвищення рівня енергонезалежності приватних житлових будинків та вирішено поставлену оптимізаційну задачу зниження питомого споживання енергії житловим приватним будинком на 1 м² житлової площі.

Ключові слова: ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ, «ПАСИВНИЙ БУДИНОК», ЕНЕРГОПОТРЕБА, ПИТОМЕ СПОЖИВАННЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, СОНЯЧНИЙ КОЛЕКТОР, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ЦІЛЬОВА ФУНКЦІЯ

ABSTRACT

I.V. Ferenchuk. Energy efficiency improving of the housing by optimizing the energy flows of buildings.

The final master's qualifying work for completion of the higher education in the specialty 141 "Electric power, electrical engineering and electromechanics", supervisor: S.V. Bashlii, Zaporizhzhia National University, Engineering Research Institute, Department of Electrical Engineering and Energy Efficiency. Zaporizhzhia, 2021.

This paper is concerned with a set of studies aimed at developing and improving the energy efficiency of private residential buildings through the introduction of energy saving measures that can be applied in the design of most types of private residences in Ukraine.

A methodology for evaluating the implementation of resource and energy saving technologies for increasing the level of energy independence of private houses has been developed, and the optimization problem of reducing the specific energy consumption of a private house per 1 m² of the living space has been solved, which was the research objective.

Keywords: ENERGY CONSUMPTION, "PASSIVE HOUSE", ENERGY DEMAND, SPECIFIC CONSUMPTION, HEAT PUMP, SOLAR COLLECTOR, MATHEMATIC MODELING, TARGET FUNCTION

АННОТАЦИЯ

Ференчук И.В. Повышение эффективности энергопотребления жилого фонда за счет оптимизации энергетических потоков зданий.

Квалификационная работа магистра на получение высшего образования по специальности 141 «Электроэнергетика, электротехника и электромеханика», научный руководитель С.В. Башлий, Запорожский национальный университет, Инженерный научно-учебный институт, кафедра электротехники и энергоэффективности. Запорожье, 2021.

В работе выполнен комплекс исследований, направленных на разработку и совершенствование энергетической эффективности жилых частных домов путем внедрения энергосберегающих мероприятий, которые могли бы быть применены при проектировании большинства типов частных домохозяйств в Украине.

Разработана методология оценки внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий для повышения уровня энергонезависимости частных жилых домов и решена поставленная оптимизационная задача снижения удельного потребления энергии жилым частным домом на 1 м² жилой площади.

Ключевые слова: ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ, «ПАСИВНЫЙ ДОМ», ЭНЕРГОПОТРЕБОВАНИЕ, УДОБНОЕ ПОТРЕБЛЕНИЕ, ТЕПЛОВЫЙ НАСОС, СОЛНЕЧНЫЙ КОЛЛЕКТОР, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЦЕЛЕВАЯ ФУНКЦИЯ

ЗМІСТ

СКРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	8
ВСТУП.....	9
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	13
1.1 Становлення та розвиток концепції «пасивного будинку»	13
1.2 Класифікація та стандартизація «пасивних» будинків	16
1.3 Запровадження енергоефективного будівництва в Україні	18
1.3.1 Нормативна база нового будівництва на державному рівні.....	18
1.3.2 Приклади енергопасивного будівництва в регіонах України	19
1.4 Огляд та класифікація сучасних матеріалів для будівництва енергоефективного будинку.....	25
1.5 Режими функціонування споживачів електричної енергії.....	30
1.6 Режими функціонування споживачів теплової енергії	34
1.7 Висновки до першого розділу.....	36
2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	37
2.1 Методи оцінювання процесів споживання електричної енергії житловим будинком.....	37
2.2 Система моніторингу споживання електроенергії побутовими споживачами	40
2.3 Конструктивні особливості проектованого житлового будинку	43
2.4 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій будинку	45
2.5 Прогнозування процесів споживання енергії на опалення та ГВП	52
2.6 Методи підвищення енергоефективності будинку.....	55
2.6.1 Застосування теплових насосів для потреб опалення та ГВП	60
2.6.2 Визначення ефективності сонячного колектора.....	64
2.6.3 Використання геотермальної вентиляційної системи.....	68
2.7 Економічна оцінка запропонованих методів підвищення енергоефективності	70
2.8 Фактори невизначеності і ризику проекту	78

2.9 Висновки до другого розділу	81
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	82
3.1 Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих чинників, що можуть виникати при обслуговуванні системи енергопостачання будинку	82
3.2 Розрахунок блискавкозахисту приміщень і споруд житлового середовища.....	86
3.3 Захист від теплового впливу	90
3.4 Електробезпека.....	91
3.5 Пожежна безпека.....	95
3.6 Висновки до розділу 3	96
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	97
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	99
ДОДАТКИ.....	103

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЗУ - закон України;

ЄС - Європейський Союз;

НДІБК - Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій;

ДБН - Державні будівельні норми;

ДСТУ - Державний стандарт України;

ISO - International Organization for Standardization

ВДЕ - відновлювальні джерела енергії;

ГЕН – графік електричного навантаження;

ТН - тепловий насос;

ГВП - гаряче водопостачання;

CO₂ - вуглекислий газ;

U - коефіцієнт теплопередачі;

D - кількість градусо-днів опалювального періоду;

t_{ср} - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період;

T_{вн} - розрахункова температура внутрішнього повітря;

R - опір теплопередачі;

W - енергопотреба опалення/гарячеводопостачання;

Q - споживання теплової енергії/теплові втрати;

COP- коефіцієнт перетворення енергії для теплового насосу;

SCOP- сезонний коефіцієнт перетворення енергії для теплового насосу;

T.у.п. - тонна умовного палива;

ЧПВ – чиста приведена вартість;

ВПН – внутрішня норма прибутковості (рентабельності).

ВСТУП

Актуальність теми. В умовах дефіциту енергетичних ресурсів (природний газ, вугілля, нафта та інші ресурси), які наша країна імпортує, складається ситуація, що ці ресурси використовуються не раціонально, особливо в житловому фонді. На сьогодні в Україні житловий фонд України складає 60% від загального фонду будівель, що експлуатуються.

Тому відповідно до концепції енергетичної безпеки країни та сталого розвитку економіки України, в житловому фонді потрібно впроваджувати енергозберігаючі заходи, що сприятимуть зменшенню споживання енергетичних ресурсів та підвищать енергетичну та екологічну безпеку.

Ефективність функціонування господарського комплексу будь-якого регіону визначається, перш за все, ступенем досконалості системи його енергозабезпечення. Тенденції розвитку світової економіки (і України в тому числі) висувають питання економічності і надійності енергопостачання на перше місце.

Підвищення енергетичної ефективності та енергонезалежності в будівлях далеко не нова тема досліджень, розробок та впроваджень в цій галузі, якій присвячено багато праць зарубіжних авторів. Вітчизняні вчені Басок Б.І. [1], Денисюк С.П. [2] та інші активно досліджують проблематику підвищення енергетичної ефективності в будівлях в рамках впровадження концепції Smart Grid. Виконуючи аналіз цих робіт, можна виділити наступні поняття: «пасивний будинок», «будинок нуль енергії», «активний будинок», «енергозберігаючий будинок».

Державний стандарт України визначає «пасивним» будинок, споживання енергії на опалення якого становить, залежно від регіональних стандартів, не більше 10-15 кВт*год/м²*рік (згідно з ISO 7730, ДСТУ-Н Б А.2.2-5). «Нульовим» вважається будинок, споживання та виробництво енергії якого від поновлюваних джерел однакове – будинок самостійно і повністю забезпечує

себе енергією. «Активним» є той будинок, в якому баланс виробленої та спожитої енергії позитивний, тобто він виробляє більше енергії від поновлюваних джерел, ніж споживає, а надлишок віддає, в загальну мережу.

Згідно з ЗУ Про енергетичну ефективність будівель [3], будівля з близьким до нульового рівнем споживання енергії, вважається такою будівлею з рівнем енергетичної ефективності, що перевищує встановлені мінімальні вимоги, в якій для формування належних умов проживання та життєдіяльності людей використовується енергія переважно з відновлюваних джерел.

Мета дослідження. Покращення енергозберігаючих показників та підвищення енергоефективності житлових приватних будинків за рахунок впровадження елементів концепції «Пасивного будинку». Формування концепції «Пасивного будинку», яка б підходила до більшості типів приватних домогосподарств в Україні.

Задачі дослідження. Розроблено та сформульовано такі задачі:

- аналіз сучасного стану фонду житлових приватних будинків;
- вивчення методів та засобів підвищення енергоефективності у приватних житлових будинках;
- розгляд режимів функціонування споживачів теплової та електричної енергії у приватних житлових будинках;
- дослідження можливих джерел тепло- та електрозабезпечення приватних житлових будинків та порівняння ефективності їх функціонування;
- математичне моделювання режимів функціонування приватного будинку;
- розробка техніко-економічного обґрунтування запропонованих заходів з підвищення енергозберігаючих показників житлового приватного будинку;
- планування та розробка start up проекту з запровадження технічних та технологічних рішень для підвищення «пасивності» будинку з точки зору його енергоспоживання.

Об'єкт дослідження. Процес підвищення енергетичних показників

будівель за рахунок впровадження сучасних технологічних рішень.

Предмет дослідження. Впровадження концепції «пасивного будинку» з метою підвищення рівня енергетичної ефективності на прикладі приватного домогосподарства за адресою Вінницька обл., м. Іллінці, вул. Свободи, буд. 3.

Методи дослідження. Аналіз та дослідна експлуатація режимів функціонування споживачів теплової та електричної енергії у приватних житлових будинках, а також аналіз методів та засобів підвищення в них енергоефективності.

Наукова новизна одержаних результатів. З різних джерел інформації були зібрані та проаналізовані відомості про дану проблему; розроблено власну методику досліджень; проведено ряд натурних експериментів, за результатами яких, запропоновано модернізовану технологію енергопостачання. Аналіз режимів функціонування споживачів теплової та електричної енергії у приватних житлових будинках, а також аналіз методів та засобів підвищення в них енергоефективності дозволив розробити методологію оцінювання ефективності впровадження енергозберігаючих технологій для підвищення рівня «пасивності» приватних житлових будинків, та визначити оптимальну конфігурацію систем забезпечення будинку тепловою та електричною енергією. Запропонована інноваційна технологія передбачає розробку та застосування відновлювальних джерел енергії, а саме теплового насоса та сонячного колектору.

Розроблено та побудовано математичну модель тепломасообмінних процесів, визначено цільову функцію та сформульовано оптимізаційну задачу, після вирішення якої досягнуто зниження питомого споживання енергії на 1 м² житлової площі будинку з урахуванням позитивних техніко-економічних показників.

Практичне значення одержаних результатів. Отримані результати роботи мають практичне значення та можуть бути використані при проведенні реконструкції та модернізації приватних будинків для підвищення рівня

енергетичної незалежності будинку. Одержані результати допоможуть визначити оптимальну конфігурацію систем опалення будинку, ГВП з мінімальними затратами.

Особистий внесок дослідника. Кваліфікаційна робота магістра є самостійною роботою автора, в якій узагальнені результати теоретичних і експериментальних досліджень, отриманих в ході виконання науково-дослідних робіт. Також за допомогою комп'ютерного моделювання та чисельного дослідження інтегрованих систем енергозабезпечення для визначення «пасивності» будинку, функціонування його інженерних систем можливо подальше використання моделі для економічного аналізу.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати магістерської роботи доповідалися і обговорювалися на: I Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувач вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України». Том I (19-21 жовтня 2021 року, м. Запоріжжя); доповідалися на науковому семінарі кафедри електротехніки та енергоефективності Інженерного науково-навчального інституту Запорізького національного університету (2021 р., м. Запоріжжя).

Публікації. Основні результати роботи викладені в збірці магістерських робіт і в тезах I Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувач вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України»[48].

Структура та обсяг магістерської роботи. Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, трьох розділів, висновків, переліку джерел посилання з 48 найменувань, викладена на 103 сторінках машинописного тексту, включаючи 48 рисунків, 18 таблиць та 18 слайдів ілюстрованого матеріалу презентації.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Становлення та розвиток концепції «пасивного будинку»

В умовах дефіциту енергоресурсів і зростання цін на тепло та електроенергію, гостро стоїть питання експлуатаційних витрат на житло. При порівняльному аналізі користуються показником енергоефективності об'єкта, яким служать втрати теплової енергії ($\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$) на рік або в опалювальний період [4]. В середньому він становить $100\text{-}120 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$. Енергозберігаючим є будинок, де цей показник нижче $40 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$. Для європейських країн цей показник ще нижчий - близько $10 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$.

У більшості розвинених країн існують власні вимоги до стандарту пасивного будинку. Пасивний будинок (нім. Passivhaus, англ. Passive house), енергозберігаючий будинок або екобудинок - споруда, основною особливістю якої є мале енергоспоживання, або навіть відсутність необхідності енергоспоживання на опалення - в середньому близько 10% від питомої енергії на одиницю об'єму, споживаної більшістю сучасних будівель [5].

Досягти зниження споживання енергії можливо в першу чергу за рахунок зменшення тепловтрат будівлі. З точки зору архітектури концепція пасивного будинку базується на принципах: правильної геометрії будівлі, зонування, орієнтації по сторонах світу, компактності, якісного та ефективного утеплення, відсутність містків холоду в матеріалах і вузлах примикань. З активних методів в пасивному будинку обов'язковим є використання системи припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією. В ідеалі, пасивний будинок повинен бути незалежною енергосистемою, що на підтримку комфортної температури взагалі не вимагає витрат.

Таким чином, опалення пасивного будинку має відбуватися завдяки теплу, що виділяють люди, що живуть в ньому і побутові прилади. При необхідності додаткового «активного» обігріву, бажаним є використання відновлювальних або альтернативних джерел енергії. Гаряче водопостачання також може здійснюватися за рахунок установок поновлюваної енергії: геотермальних теплових насосів або

сонячних колекторних водонагрівачів. Проблема охолодження/кондиціонування будівлі може вирішуватися за допомогою відповідного архітектурного рішення, а в разі необхідності додаткового охолодження – за рахунок альтернативних джерел енергії.

Крім визначення системи «пасивний будинок» існує система «розумний будинок», але її призначення декілька інше, її завдання є забезпечення контролю енергоспоживання. Також відрізняється система «активного будинку» (будинок з позитивним енергобалансом), яка крім самозабезпечення енергією, ще й сама виробляє її стільки, що може віддавати її в центральну мережу.

Історія розвитку енергозберігаючих будівель сходить до історичної культури північних народів, які прагнули побудувати свої будинки таким чином, щоб вони споживали менше ресурсів і ефективно зберігали тепло. Російська піч, що відрізняється товстими стінками, що добре зберігають тепло, і оснащена димарем зі складною конструкцією лабіринтів, є класичним прикладом техніки підвищення енергозбереження будинку.

До сучасної історії експериментів підвищення енергозбереження будівель одним з перших можна віднести споруду, що побудована в 1972 році в місті Манчестер в штаті Нью-Гемпшир (США). Вона була кубічної форми, забезпечуючи мінімальну поверхню зовнішніх стін, за площею скління не перевищувало 10%, а це дозволяло зменшити втрати тепла за рахунок об'ємно-планувального рішення. З північного фасаду скління було відсутнє. Плоска покрівля була виконана в світлих тонах, що забезпечувало зменшення її нагрівання і, відповідно, знижувало вимоги до вентиляції в теплу пору року. На покрівлі будинку були змонтовані сонячні колектори.

Наступний етап - 1973-1979 роки, коли в місті Отаніємі (Фінляндія) був побудований комплекс «ECONOM-HOUSE». У будівлі було використане складне об'ємно-планувальне рішення, що враховує особливості розташування і клімату. Також була застосована особлива система вентиляції, при якій повітря нагрівалося за рахунок сонячної радіації, тепло якої акумулювалось спеціальними склопакетами і жалюзі. Крім того, в загальну схему теплообміну будівлі, що

забезпечує енергозбереження, були включені сонячні колектори і геотермальна установка. За формою скати покрівлі будівлі враховували кути падіння сонячних променів в різні пори року і широту місця будівництва [6 - 9].

Концепція «пасивного» будинку була запропонована в травні 1988 року з професором Бо Адамсоном з Лундського університету (Швеція) і Вольфгангом Файстом з Інституту Житла та Навколишнього середовища (Institut für Wohnen und Umwelt). Останній став засновником Інституту Пасивного Будинку в 1996 році (Дармштадт, Німеччина) [10]. Ця концепція була розроблена на основі низки науково-дослідницьких проектів, спираючись на фінансову допомогу від німецької землі Гессен. Під час проектування та будівництва першого «пасивного» будинку цей метод був адаптований до спеціальних граничних умов для будівель з високоякісною ізоляцією, що більше не вимагають стандартної системи опалення.

Побудовані перші пасивні будинки в 1991 році в Німеччині (м. Дармштадт). Це були чотирьохрядні будинки (також відомі як таунхауси чи міські будинки), які були розроблені для чотирьох приватних клієнтів архітекторами професорами Ботт, Ріддер і Вестермеєр (рис. 1.1).

Гаряче водопостачання в цьому будинку забезпечувалося за допомогою сонячного колектора. Також вентиляцію застосували з рекуперацією. За будинком велися постійні спостереження та вимірювання. Результат повністю виправдав всі очікування: виявилось, що вже в перший рік експлуатації витрати енергії на опалення в квартирі пасивного будинку були в 12 разів менше, ніж у стандартній квартирі звичайного будинку [7]. В подальшому енергоспоживання будинку вдалося зменшити ще на 15%.

Кількість «пасивних» будинків в усьому світі в кінці 2008 року становила від 15000 до 20000 будівель, переважна більшість яких була побудована в німецькомовних країнах у Європі та Скандинавії. Вже через 3 роки, станом на травень 2011 року їх налічувалося близько 32000 повністю сертифікованих конструкцій всіх типів в Європі. На той час Сполучені Штати Америки тільки розпочинала роботу в цьому напрямку – там було всього 13 добудованих споруджень та декілька десятків в стадії будівництва [8].



Рисунок 1.1 - Перший «пасивний» будинок, побудований у Німеччині

1.2 Класифікація та стандартизація «пасивних» будинків

Альтернативні та відновлювані джерела енергії є ідеальним доповненням до ефективності стандарту Пасивного Будинку. З урахуванням їх використання та забезпечення різноманітних їх комбінацій, Інститут Пасивного Будинку (PHI) заснував нові категорії для сертифікації будівель. Базовим стандартом Пасивного Будинку став «Passive House Classic» («Пасивний будинок класик»).

В публікації оновленої версії програми PHPP 9 (2015 р.) на додаток до вже існуючого стандарту, PHI започаткував категорії сертифікації «Passive House Plus» («Пасивний будинок плюс») та «Passive House premium» («Пасивний Будинок Преміум»). Першочерговим вважається критерій «Відновлюваної первинної енергії» (PER – Primary Energy Renewable). Нова процедура сертифікації «пасивних» будинків служить основою для визначення категорії будівлі [11].

Згідно розроблених стандартів попит енергії на опалення «пасивного» будинку незмінною для застосування залишається вимога – витрати не можуть перевищувати 15 кВт год/м² на рік. Але в нових категоріях, попит на первинну енергію з централізованого енергопостачання, замінений на попит на первинну енергію від поновлюваних джерел енергії:

- категорія **пасивний будинок класичний** споживання відновлюваної первинної енергії обмежується 60 кВт-год/(м²*рік).
- категорія **пасивний будинок плюс** споживання відновлюваної первинної енергії не більше, ніж 45 кВт-год/(м²-рік). Окрім того, пасивний будинок плюс також повинен генерувати щонайменш 60 кВт-год/(м²-рік) енергії по відношенню до площі будівлі,
- категорія **пасивний будинок преміум** попит на енергію обмежується тільки 30 кВт-год/(м²-рік), та принаймні 120 кВт-год/(м² площі) енергії повинно вироблятися будівлею.

В Європі будівлі за їх енергоощадністю класифікують наступним чином:

«Старі будівлі» (будівлі, що зведені до 1970-х років) – попит на первинну енергію для опалення, як правило близько 300 кВт-год/м²-рік.

«Нові будівлі» (ті що будувалися до 2000 року) - потребують для свого опалення 150 кВт-год/м²-рік.

«Будівля низького споживання енергії» (з 2002 року заборонено будувати нові будівлі за нижчим стандартом) - 60 кВт-год/м²-рік.

«Пасивна будівля» (в Європі прийнято закон, згідно до якого починаючи з 2019 року не можна будувати за нижчим стандартом, ніж пасивна будівля) - 15 кВт-год/м²-рік.

«Будівля нуль енергія» (будівля, що зовсім не потребує додаткової енергії на опалення (крім тієї, що виробляє самостійно)) - 0 кВт-год/м²-рік.

«Будівля плюс енергія» (така, що виробляє більше енергії, ніж сама потребує, за рахунок встановлених на ній сонячних батарей, теплових насосів, колекторів, рекуператорів, тощо) [11].

У грудні 2009 року країнами Євросоюзу прийнято Директиву енергетичних

показників в будівництві (Energy Performance of Buildings Directive), яка вимагає з 1 січня 2020 року наближення усіх нових будівель до енергетичної нейтральності (тобто будівництва як мінімум пасивних будівель).

1.3 Запровадження енергоефективного будівництва в Україні

1.3.1 Нормативна база нового будівництва на державному рівні

В нашій країні реорганізація державних установ в цій галузі розпочалася з Постанови N 323 Кабінету Міністрів України від 1 березня 2007 р. , якою було утворене Міністерство регіонального розвитку та будівництва України і Міністерство з питань житлово-комунального господарства України на базі Міністерства будівництва, архітектури та житлово- комунального господарства України. Зроблено це було з метою забезпечення ефективного формування та реалізації державної регіональної політики, політики у сфері будівництва та архітектури, розв'язання проблем, пов'язаних з реформуванням житлово-комунального господарства,

В свою чергу, Мінрегіонбуд України має намір до 2022 року розробити програму підвищення енергоефективності в будівництві.

Враховуючи пріоритетність напряму енергоефективності у галузях економіки та з метою забезпечення безумовної реалізації завдань і заходів, визначених актами Президента України, Ради національної безпеки і оборони України та дорученнями Кабінету Міністрів України, Мінрегіонбудом у 2008 - 2009 роках прийнято низку наказів та рішень щодо виконання цих завдань і заходів, в тому числі розроблено Галузеву програму енергоефективності у будівництві на 2010 - 2014 роки, яку погоджено Національним агентством України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів (НАЕР) та затверджено в установленому порядку. Свого часу була навіть створена як державний орган Інспекція з енергозбереження. Вона функціонувала деякий час, мала структурні підрозділи в кожному регіоні України та повноваження інспектуючого та дозвільного характеру. Також в її функції входив державний енергоаудит та паспортизація

промислового і житлового фондів. Надалі ці функції успадкувала Національна комісія регулювання енергоспоживання. (НКРЕ).

1.3.2 Приклади енергопасивного будівництва в регіонах України

Перший «пасивний» житловий екобудинок «Будинок Сонця» (рис. 1.2) був споруджений в Україні у 2008 році в Києві. Він занесений в базу даних Інституту пасивного Будинку в м. Дармштадт. За два роки, в 2010 році, таких домогосподарств в різних містах та селах України зареєстровано вже 9.

Деякі приклади пасивних та енергоощадних екобудинків в Україні:

- «Будинок Сонця», «пасивний» екобудинок в Києві;
- «пасивний» будинок Інституту теплофізики НАН України;
- «Солітер», «пасивний» екобудинок у Василькові;
- «Екодім у пагорбі», «пасивний» дитячий екобудинок сімейного типу під Каневом;
- «Пасивний» екобудинок, в Одесі;
- «Пасивний» екобудинок, у м. Яворів (під Львовом);
- «Пасивний» екобудинок у стилі модерн під Вишгородом;

Розгляньмо характеристики проекту «Будинок Сонця» - «пасивного» екобудинку в Києві.



Рисунок 1.2 – Ландшафтне розташування «Будинку Сонця»

Будинок складається з трьох окремо функціонуючих частин: самого житлового будинку для однієї сім'ї з 5-6 чоловік, з басейном, сауною, бібліотекою і кабінетом; «вбудованої» однокімнатної квартири з окремим входом, своєю кухнею і ванною – пральнею. Об'ємне рішення будівлі викликане невеликим периметром будинку. Таке рішення засноване на перепаді рівнів, що дозволило значно збільшити корисну площу будівлі (328,2 м²). При цьому обсяг будинку залишився мінімальним (980 м³). Дефіцитом площі під будівництво визначається маленький сад, що компенсується «розширенням в висоту» за рахунок розташованих на південь від будівлі терас. Вони також служать і літнім сонцезахистом південного боку будівлі, відкритого зимовому сонцю.

«Будинок Сонця» став першим екологічно чистим і енергоефективним будинком в Києві, спроектованим за основними вимогами стандарту РНІ з урахуванням орієнтації по сторонах світу та енергетичновигідною формою будівлі. Таким чином пасивний «Будинок Сонця» в Києві став першим українським проектом, занесеним в міжнародний каталог пасивних будинків на: [http://www.passiv.de/.PASSIV_HAUS_INSTITUT Dr. Wolfgang Feist](http://www.passiv.de/.PASSIV_HAUS_INSTITUT_Dr._Wolfgang_Feist): Офіційна база даних «пасивних» будинків. [11].

Для будівництва будинку було підібрано екологічно чисті будівельні матеріали та енергоефективні інженерні системи. З точки зору ергономічності забезпечено максимальний сучасний комфорт і здорову атмосферу для проживання сім'ї із 4-5 чоловік.

Дах будинку сконструйовано як подвійну конструкцію і він утеплюється утеплювачем шаром в 25 см (пінополістирол), з них 20 см укладаються між кроквами, а ще 5 см укладаються по кроквах, що повністю виключає виникнення містків тепла, через які енергія залишала б будинок. Тераси, балкони будинку не порушують гомогенності оболонки утеплювача, бо є «приставними».

Опалення та охолодження будинку, як і підготовка гарячої води здійснюються за допомогою сонячних колекторів (СінтСолар) і глибинного геотермального інверторного теплового насосу (ІVT потужністю від 3 до 15 кВт). Для нормального функціонування цього обладнання були пробурені чотири

свердловини (кожна по 86 метрів) і прокладений земляний контур (грунтовий теплообмінник) теплового насоса протягом 320 м). Бак -акумулятор на 1000 л нагрівається безкоштовним сонячним теплом за допомогою сонячних колекторів. Якщо їх потужності не вистачає (2-3 найхолодніших місяці на рік), тоді до підігріву теплоносія в баку-акумуляторі підключається і глибинний ТН.

Інженерні комунікації (вентиляційні канали, розводка під електрику, інтернет і т.д.) змонтовано в перекриттях і стінах під заливку монолітним залізобетоном. Опалювання та охолодження внутрішнього простору будинку відбувається системою випромінюючих площин стін і підлоги. Такий спосіб, окрім економії енергії на опалення/охолодження, дуже позитивно впливає на здоров'я людини, викликає постійне відчуття комфорту. Труби опалення за вимогами техніки безпеки прокладені по заземленій металевій сітці з вічком 40x40 мм. Зовні вони заштукатурені глиною, яка забезпечує постійну 50% вологість в приміщенні і є запорукою здорового клімату, відсутності мікробів і бактерій, та забезпечує значне зниження захворювань дихальних шляхів.

Для підлоги у всіх житлових приміщеннях (крім танцзалу, паркет під масловоском) підібрано натуральний лінолеум - екологічно чистий матеріал, що складається з стружки дерева, лляної олії і харчових барвників [12].

Наступна характеристика проекту «пасивного» будинку НАН України.

На території ІТТФ НАН України, що розташований за адресою м. Київ, вул. Булаховського, буд. 2, збудований експериментальний будинок «пасивного» типу загальною площею 300 м² [6]. Зовнішній вигляд будинку зображено на рисунку 1.3. Конструкція будинку не претендує на довершену чи повністю оптимальну. Створена будівля за юридичним статусом - це лабораторно-промисловий стенд для перевірки в реальних кліматичних умовах як окремих будівельних конструкцій, так і всієї будівлі в цілому. На ньому тестуються сучасні системи ресурсо- та енергозабезпечення. Наразі це повномасштабна науково-технічна та технологічна лабораторія теплофізичного та енергетичного профілю. Тут досліджують динаміку експлуатації окремих будівельних матеріалів, окремих будівельних конструкцій та всієї будівлі в цілому. Також ведеться довготривалий моніторинг експлуатації

інженерних систем енерго- та ресурсозабезпечення на основі поновлюваних та альтернативних енергоресурсів. В перспективі цей будівельний стенд послідовно має перетворюватись з вказаної будівлі в напрямку ланцюжка: будинок високої енергетичної ефективності (70 кВт г/1 м² площі) - будинок «пасивного» типу - будинок типу «нуль енергії» - «розумний» будинок - будинок як Micro Smart Grid 0-Energy система. Але реалізація такого ланцюжка можлива лише при активному подальшому пошуку інвестицій та наявності фінансування



Рисунок 1.3 - «Пасивний» будинок НАН України

Як теплофізична лабораторія, даний будинок оздоблений системами контрольної-вимірювальної апаратури, що здійснює автоматизовані неперервні (з інтервалом від 1 хвилини до 1 доби) цілорічні вимірювання полів температур та теплових потоків, тиску, вологості, витрат теплоносія та повітря, витрат теплової та електричної енергії, освітленості, зовнішніх кліматичних параметрів та інші. Отримані експериментальні данні підлягають електронному архівуванню.

Будинок представляє собою 4 повноцінних поверхи, п'ятий поверх - горище, опалювальна площа - 266,6 м². Основний корпус будинку орієнтований з півдня на північ. В плані без зовнішнього утеплення він займає площу 75 м² (7,5 x 10 м). На кожному поверху облаштовано три кімнати площею 22 - 24 м². Архітектурно

будинок створено як будівлю полегшеного типу. В конструкції використані полегшені суцільні та сендвіч-стіни; полегшені ребристі плити перекриття, що відповідає належній міцності. Цокольний поверх заглиблений в ґрунт по рівню підлоги на 175 см. Підземна зовнішня частина цокольного поверху виконана із 4 рядів бетонних блоків ФБС-24.4.6, покладених на однорядний стрічковий фундамент із бетонних блоків ФЛ-8.24-2, укладених на піщано-гравійну засипку. Фундамент під внутрішньо будинкові цегляні простінки виконаний із бетонних ФБС-24.6.6. Підземна зовнішня бетонна частина цокольного поверху виступає над рівнем горизонтального ґрунту на 10 см, далі стіни цоколя виконані із суцільної (зовні) та дірчатої (всередині) облицювальної керамічної цегли. Зовнішню частину цоколя, яка знаходиться в ґрунті, утеплено і гідроізолювано від ґрунту трьома шарами гідроізоляційної бітумної мастики і одним шаром пластикової плівки. Товщина шару утеплення ґрунтової частини цоколя залежить від глибини ґрунту: починаючи з глибини в 170 см утеплення складає 10 см, з глибини 110 см - 20...21 см, а з глибини 50 см - від 25 до 29 см. Використовувались наступні теплоізоляційні матеріали: плити простого і гідроізолюваного піноскла товщиною 10 см; плити із екструзійного та звичайного пінополістиролу товщиною 10 см; металеві сендвіч-панелі товщиною 5, 7, і 10 см, що наповнені пінополістиролом та пінополіуретаном. Надцокольна частина будівлі для експериментальних досліджень виконана із різних вітчизняних і соціально доступних будівельних матеріалів: керамічна дірчата цегла (одинарна та подвійна); керамічний блок; пінобетонний блок; газобетонний блок різної товщини; блок із ракушняка; блок із піщаника; керамзитобетонний литий блок; керамзитобетонний пресований блок; бетонно-деревностружечний блок (Арболіт); деревний брус (15 см); металева стінова сендвіч-панель (товщиною 20 см мінвати). Здебільшого зовнішні основні стіни мали конструкцію типу сендвіч-панелі із внутрішнім пустим прошарком товщиною від 4 до 12 см, котрий при проведенні дослідів заповнювався експериментальним матеріалом - або матами базальтової вати різної густини, або полістирольними плитами, або сипучим теплоізоляційним матеріалом, в якості якого використовувалися керамзитний обкотиш дисперсністю 10-15 мм, подрібнені

відходи (крошка) пінополістиролу, пінополістирольні гранули та перлітовий пісок. Практично кожна зовнішня частина стіни основної конструкції будинку та подекуди внутрішня частина стіни кожної кімнати виконані з різного будматеріалу.

В будинку встановлено подвійні енергоефективні вікна, що виготовлені на основі двокамерних склопакетів з формулою 4i-8-4i-8-4 та п'ятикамерного віконного профілю. Дах будинку односкатний, направлений на південь під кутом 35° до горизонту, який є оптимальним стосовно річного сприйняття сонячної енергії тепловими та електричними панелями. Конструкція даху металева, посиленого типу, здатна нести снігову загрузку та всю масу сонячних панелей при повному заповненні ними всієї площі, що становить майже 125 м². Утеплення даху виконано декількома шарами базальтової вати загальною товщиною 50...55 см, гідроізолюваною зверху панелями OSB товщиною 10 мм.

Підсумовуючи, можна виділити наступні особливостей будинку:

- компактність будівлі;
- посилену теплоізоляцію утеплення стін товщиною до 33 см.;
- використання комбінованого клеєво-вентильованого фасадного утеплення стін;
- орієнтацію на південь та відсутність затінку;
- виключення або зменшення наявності “містків холоду”;
- герметичність будівельної конструкції;
- енергоефективні подвійні вікна та профілі відмінної якості
- контрольовану вентиляція з рекуперацією теплоти;
- заглиблення в ґрунт на дві третини висоти цокольного поверху;
- тепловий захист (нагрівання - взимку, охолодження - влітку) зовнішніх стін при пропусканні зовнішнього повітря через ґрунтові теплообмінники і вентканали зовнішнього утеплення - т. з. «теплова завіса».

Теплові втрати за двома варіантами утеплення на 1 м² опалювальної площі досліджуваної експериментальної будівлі становлять: варіант 1: 3,4 Вт/м²; варіант 2: 4,86 Вт/м². Оцінка питомого теплоспоживання енергоефективного будинку «пасивного» типу за тими ж варіантами рівна: варіант 1: E = 15 (кВт год)/(м² рік);

варіант 2: $E = 21,8$ (кВт год)/(м² рік). Такі показники відповідають вимогам європейських стандартів.

1.4 Огляд та класифікація сучасних матеріалів для будівництва енергоефективного будинку

Наразі основними доступними будівельними матеріалами, які використовуються в Україні при будівництві житлових будинків, є керамічна цегла, газоблоки різних марок та густини, SIP панелі, дерево. Порівняльні характеристики теплопровідності стін з різних матеріалів представлені в таблиці 1.1 [14].

Якісні піноблоки та газоблоки - це сучасний, ефективний, екологічно чистий і економічний при будівництві та експлуатації матеріал. Їх популярність обумовлена низкою переваг перед іншими матеріалами. Володіючи щільністю деревини, вони абсолютно не горючі, хімічно нейтральні. У порівнянні з традиційними будівельними матеріалами (камінь, цегла, бетон) піноблоки та газоблоки перевищують їх по тепло- і звукоізоляційним характеристикам.

Таблиця 1.1 - Аналіз теплопровідності стін з різних матеріалів

Будівельний матеріал	Коефіцієнт на 1 метр	Ширина стіни, см											
		12	18	20	24	30	36	40	48	60	72	84	96
		Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м ² К)											
Керамічна цегла	0,841	6,75	4,50	4,05	3,37	2,7	2,25	2,02	1,68	1,35	1,13	0,96	0,84
Силікатна цегла	0,9	7,50	5,00	4,50	3,75	3,00	2,50	2,25	1,87	1,50	1,25	1,07	0,93
Г азобетон D 600	0,14	1,16	0,77	0,70	0,58	0,46	0,38	0,35	0,29	0,23	0,19	0,16	0,14
Г азобетон D 500	0,12	1,00	0,66	0,60	0,50	0,40	0,33	0,30	0,25	0,20	0,16	0,14	0,12
Г азобетон D 400	0,10	0,80	0,55	0,50	0,41	0,33	0,27	0,25	0,20	0,16	0,13	0,12	0,10

Враховуючи теплотехнічні характеристики основних будівельних матеріалів, можна проілюструвати залежність товщини шару зовнішньої огорожувальної конструкції при приведеному однаковому опорі теплопередачі (рис. 1.5).

Сучасний український ринок пропонує різноманітні теплоізоляційні матеріали, які можна класифікувати за наступними ознаками [15]:

- за видом вихідної сировини,

- за формою і зовнішнім видом,
- за структурою,
- за середньої густиною,
- за жорсткістю,
- за теплопровідністю,
- за вогнестійкістю.

За функціональним призначенням теплоізоляційні матеріали умовно можна розділити на декілька типів:

- для несучих стін і теплоізоляції;
- для опоряджувальних робіт;
- тільки для теплоізоляції.



Рисунок - 1.5 Порівняльний аналіз товщини шару зовнішньої огорожувальної конструкції при приведеному однаковому опорі теплопередачі

Найбільш поширені у вітчизняній структурі споживання серед теплоізоляційних матеріалів і виробів, які використовуються тільки для теплоізоляції, є скляна і мінеральна вата, а також полімерні теплоізоляційні матеріали [16].

Перевага полімерних теплоізоляційних матеріалів у порівнянні зі скловатними і мінераловатними матеріалами очевидна - є нижчі показники густини і теплопровідності, отже поліпшені тепло- і звукоізолюючі властивості. Також в полімерів більш високі показники міцності, менше водопоглинання і більша морозостійкість, що пояснюється закритою пористістю. Мінімальна товщина шару полімерних теплоізоляційних матеріалів становить від 10 до 12 см, в той час як скловатних і мінераловатних - 15 см і більше, отже, потрібна їх більша витрата [17]. Порівняльний аналіз теплоізоляційних матеріалів за густиною, теплопровідністю та терміном експлуатації проілюстровано на рисунках 1.6 -1.8, а зіставлення характеристик теплоізоляційних матеріалів, порівняння їх переваг, недоліків та областей застосування представлено в таблиці 1.2.

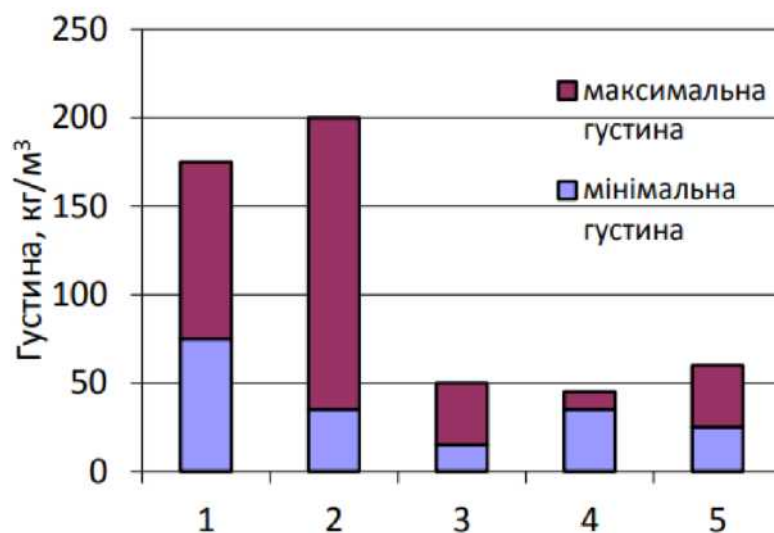


Рисунок 1.6 - Густина теплоізоляційних матеріалів: 1 - скловата; 2 - мінеральна вата; 3 - пінополістирол безпресовий; 4 - пінополістирол екструдований; 5 - пінополіуретан

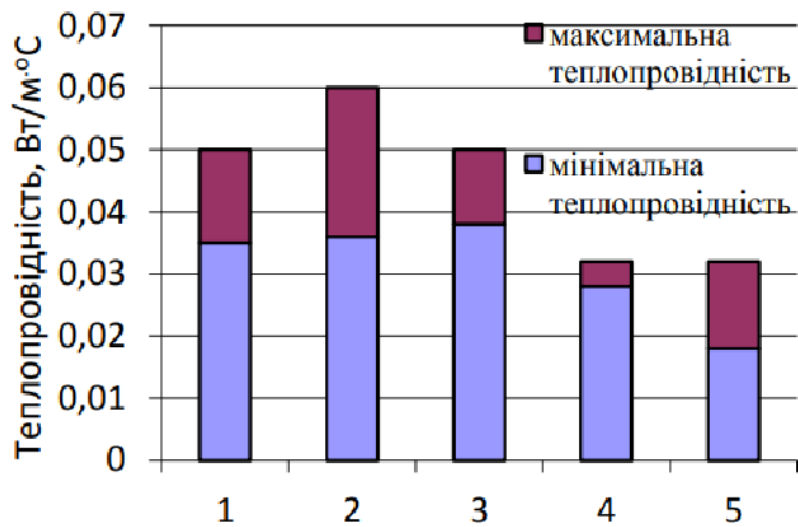


Рисунок 1.7 - Теплопровідність теплоізоляційних матеріалів: 1 - скловата; 2 - мінеральна вата; 3 - пінополістирол безпресовий; 4 - пінополістирол екструдований; 5 – пінополіуретан

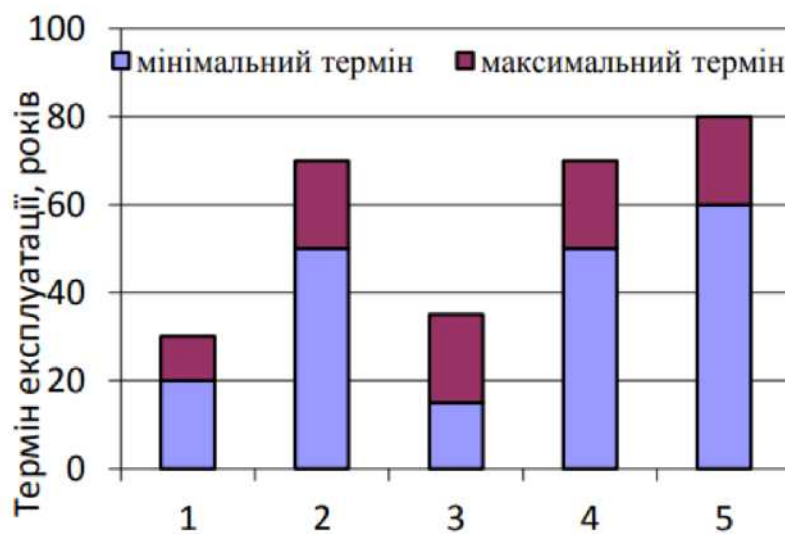


Рисунок 1.8 - Термін експлуатації теплоізоляційних матеріалів: 1 - скловата; 2 - мінеральна вата; 3 - пінополістирол безпресовий; 4 – пінополістирол екструдований; 5 – пінополіуретан

Отже при виборі матеріалів для будівництва житлового будинку необхідно враховувати ряд факторів, параметрів та характеристик матеріалів, основними з яких є: кількісні показники фізичних і фізико-механічних властивостей, витрат,

ціни і довговічності; якісні показники енергоефективності та екологічності. Також необхідно враховувати тип ізолюючої конструкції, вплив зовнішніх факторів, способи захисту від негативних впливів зовнішнього середовища.

Таблиця - 1. 2 Зіставлення характеристик теплоізоляційних матеріалів

Матеріал	І Переваги	Недоліки	Область застосування
Скловата	Низька теплопровідність, висока вогнестійкість. Підвищена міцність і пружність, віб्रो-стійкість, м'якість і еластичність, пожежобезпечність, низька ціна	Гігроскопічність, необхідність обережності при укладанні щоб уникнути побічних ефектів від дії волокон, більша витрата в порівнянні з полімерними ТМ, невисока довговічність	Фасади, покриття, перегородки та інші будівельні конструкції
Мінеральна вага	Низька теплопровідність, висока вогнестійкість. Не схильна до температурної і механічної деформації, гідрофобний і екологічно чистий продукт, пожежобезпечна. Низька ціна, висока довговічність	Не може бути стиснута без пошкодження волокон, більша витрата в порівнянні з полімерними ТМ	Фасади, покриття, перегородки, підвали, трубопроводи
Безпресовний пінополістирол	Дуже низька теплопровідність, легкість і простота обробки, стійкість до впливу хімічних речовин, менша витрата в порівнянні з волокнистими ТМ. низька ціна	Нестійкий до механічного впливу, горючий, деякі види в результаті горіння виділяють ТОКСИЧНІ речовини, невисока довговічність	Фасади, стіни, перегородки, підлоги
Екструдований пінополістирол	Дуже шька теплопровідність, низьке водопоглинання, високиморозостійкість, міцність, екологічна чистота, біологічна і хімічна стійкість, менша витрата в порівнянні з волокнистими ТМ, висока довговічність	Руйнується при контакті з речовинами, що містять складні вуглеводи, підтримує горіння при постійному джерелі вогню, нестійкий до сонячного ультрафіолету. висока ціна	Стіни, плоскі і скатні покрівлі, фундаменти будівель і
Напилюваний пінополіуретан	Дуже низька теплопровідність, високий рівень адгезії і вологостійкості. мінімізація рівня конденсації, відсутність щілин в товщі покриття, менша витрата в порівнянні з волокнистими ТМ, висока довговічність	Горючість, виділення токсичних речовин при горінні, висока ціна	Фасади, стіни, скатні і плоскі покрівлі, фундаменти, підвали, цокольні поверхні, з'єднання будівельних констру-

1.5 Режими функціонування споживачів електричної енергії

ЗУ Про Ринок електричної енергії, що визначає правові, економічні та організаційні засади функціонування ринку електричної енергії, регулює відносини, пов'язані з виробництвом, передачею, розподілом, купівлею продажем, постачанням електричної енергії для забезпечення надійного та безпечного постачання електричної енергії споживачам. Законом також враховано інтереси споживачів, розвиток ринкових відносин, мінімізацію витрат на постачання електричної енергії та мінімізацію негативного впливу на навколишнє природне середовище.

За звітами національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) проаналізуємо динаміку та обсяги споживання електричної енергії житловими приватним будинками міста Києва за 2016 та 2017 роки.

Інформація стосовно обсягів споживання електричної енергії побутовими споживачами в місті Києві, представлено в таблицях 1.3 та 1.4. Згідно звіту НКРЕКП, представлено дві категорії споживачів, які є найбільш цікавими для аналізу режимів споживання електричної енергії. Споживачів що розраховуються в опалювальний період згідно «тарифу електроопалення» в місті Києві підключено близько 3000. Вони мають характерні графіки споживання електричної енергії в зимовий період.

Таблиця - 1.3 Обсяги споживання категорії побутових споживачів за звичайними тарифом

Населення у містах, селищах міського типу:	До 100 кВт*год	100-150 кВт*год	150 – 300 кВт*год	Понад 300 кВт*год
обсяг споживання електроенергії, тис.кВтгод	229 721	272 162	495 853	379 528
відсоток обсягу споживання електроенергії даною категорією споживачів	16,7%	19,8%	36,0%	27,6%
кількість абонентів	295 225	184 659	201 070	64 732
відсоток абонентів у даній категорії споживачів	39,6%	24,8%	27,0%	8,7%

Таблиця - 1.4 Обсяги споживання категорії побутових споживачів з «тарифом на електроопалення»

Населення у будинках, обладнаних електроопалювальними приладами та/або кухонними електроплитами:	До 1000 кВт*год	1000-2000 кВт*год	2000 – 3000 кВт*год	Понад 3000 кВт*год
обсяг споживання електроенергії, тис.кВтгод	7 204	16 813	11 605	14 724
відсоток обсягу споживання електроенергії даною категорією споживачів	14,3%	33,4%	23,1%	29,2%
кількість абонентів	1 155	960	404	237
відсоток абонентів у даній категорії споживачів	41,9%	34,8%	14,7%	8,6%

Перша категорія споживачів «населення у містах, смт. та селах», представлена таблицею 1.3, використовує наступні режими споживання електричної енергії: освітлення, охолодження, живлення електроприладів кухні, приготування гарячої води в електричних бойлерах, що характеризує тільки споживання побутових електроприладів. Такий характерний режим споживання електричної енергії побутовими споживачами приватного жилого будинку з газовим опаленням зображено на рисунку 1.9.

На рисунку 1.9 зображено сумарний режим роботи основних побутових споживачів, що складають базове навантаження кожного дня. ГЕН споживання окремих побутових приладів представлено на рисунку 1.10.

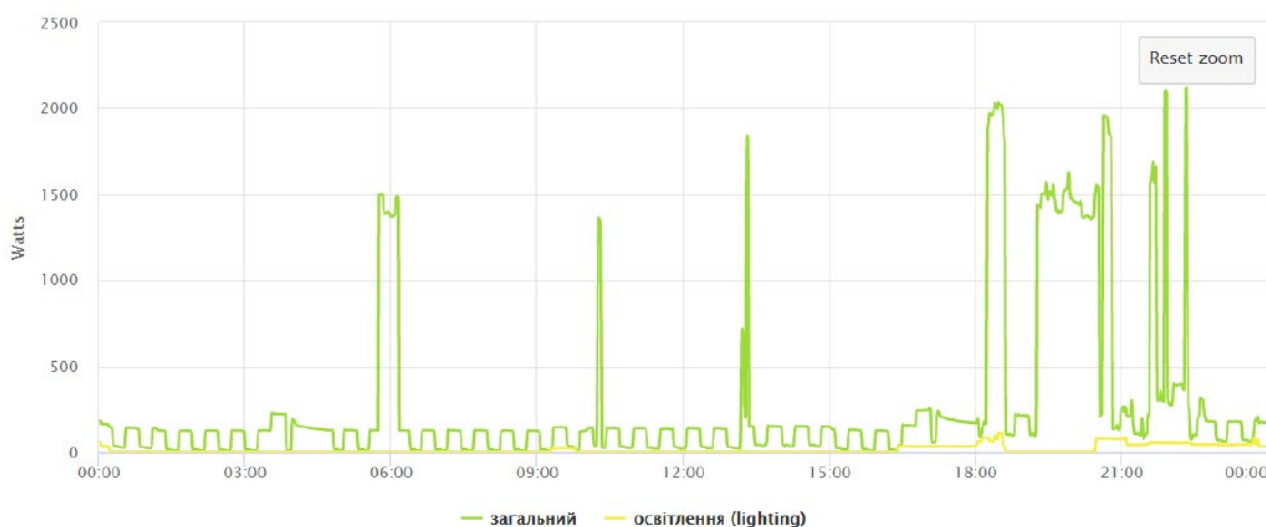


Рисунок 1.9 - Сумарний режим роботи основних побутових споживачів зі звичайним тарифом

Холодильник номінальною потужністю 125 Вт - це прилад будинку, який витрачає близько 35% базового споживання в будинку [18]. Він зазвичай працює в режимі ON/OFF, тобто має графік постійного включення та вимкнення компресора. Характеризується піком навантаження в момент включення компресору та гладким та рівномірним споживанням електроенергії в продовж своєї роботи (рис. 1.10а).



Рисунок 1.10 - ГЕН холодильника (а), бойлера (б) та пральної машини (в)

Електричний бойлер номінальною потужністю 1500 Вт - прилад, який, як

правило, має одноступінчате регулювання електричної споживаної потужності, та постійне споживання номінальної встановленої потужності [19]. Прилади такого типу характеризуються оптимізованою роботою лише в провали попиту на електричну енергію, тобто за другою зоною, коли ціна на електроенергію 50% від ставки (рис. 1.10б).

Робота пральної машини номінальною потужністю 1500 Вт характеризується коливаннями споживання (початками та зупинками двигуна) [20]. На початку відбувається пік споживання - це потужність, яка нагріває воду для прання одягу відповідно до заданої програми. Треба пам'ятати, що прання гарячою водою витрачає приблизно в п'ять разів більше енергії, ніж прати теплою водою 30° (рис. 1.10в).

У будинках, обладнаних електроопалювальними установками (для категорії населення згідно таблиці 1.4) притаманні такі режими споживання електричної енергії, що характеризують окрім споживання побутових електроприладів, ще й споживання електричної енергії на опалення електрокотлом чи тепловим насосом.

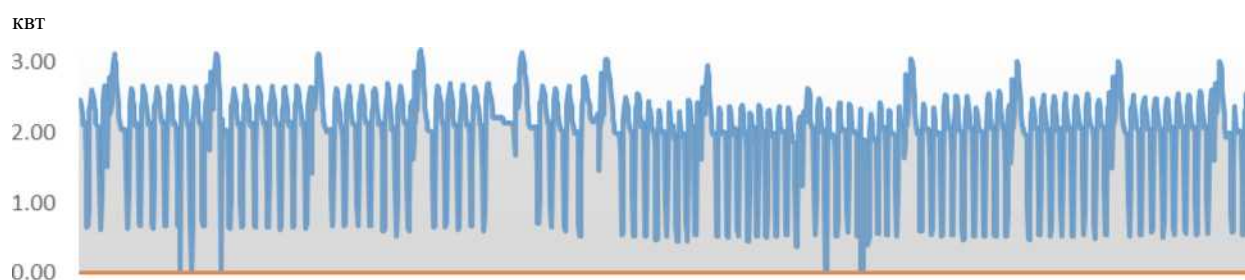


Рисунок - 1.14 Добовий ГЕН інверторного теплового насосу «Повітря-Вода» номінальною тепловою потужністю 10 кВт

Для теплових насосів є характерним плавність їх роботи, яка досягається за допомогою інверторного (ступінчатого) регулювання роботи частоти компресору. Крім того, тепла потужність пристрою знаходиться в прямій залежності від температури зовнішнього повітря - чим нижче температура

повітря, тим менше потужність теплового насоса.

1.6 Режими функціонування споживачів теплової енергії

Для забезпечення комфортних умов життєдіяльності та проживання в приватному будинку в опалювальний період, необхідно спроектувати систему опалення та оснастити її джерелом теплової енергії.

В нашій країні найпопулярнішим видом палива, яке використовується для виробництва тепла в системах обігріву приватних будинків, є природний газ. Його головною перевагою є досить високий ККД та зручність транспортування і використання.

Наступним по популярності видом опалення є твердопаливні пиролізні котли, що можуть працювати на дровах, брикетах, кам'яному вугіллі чи пеллетах. з використанням автоматики, примусового повітрязабезпечення та димовідведення цей тип опалення є досить ефективним, досить «дешевим» в експлуатації, проте потребує додаткових витрат на обслуговування котла.

Для забезпечення функціонування теплоенергетичного обладнання використовують ще один популярний вид опалення – опалення електричною енергією. Це менш поширений вид опалення в порівнянні з газовим, але він має свої незаперечні переваги, що полягають в доступності електрики, простоті її використання і повній відсутності відпрацьованих газів.

Тарифи на цей вид енергії диференційовані, залежать від сезонного та добового навантаження мережі. Поточна вартість електрики для населення встановлюється відповідно до постанови НКРЕКП.

Нижче в таблиці 1.5 продемонстровано енергопотребу та вартість опалення будівлі від різних джерел енергії для будинку до 100 м².

За результатами розрахунку (рис. 1.15) було, визначено що традиційні генератори тепла не є ефективними, їх питоме енерговикористання складає від 80 до 120 кВтг/м² опалювальної площі будівлі, тому для більш енергозощадливого використання енергоресурсів в подальших розділах будуть запропоновані

інженерні рішення, що передбачають застосування теплогенераторів, що нададуть змогу зменшити питоме споживання будинку.

Таблиця 1.5 – Порівняльний аналіз ефективності видів первинного палива

Вихідні данні для порівняння експлуатаційних витрат на опалення:					
Вид палива	Ціна за одиницю		Теплотворність палива		ККД
Природний газ	8,59	грн/1м ³	7000	ккал/м ³	90%
Електроенергія	1.56	грн/кВтг	859	ккал/кВтг	98%
Кам'яне вугілля	3.5	грн/кг	5250	ккал/кг	75%
Торф'яні брикети	1.7	грн/кг	3800	ккал/кг	75%
Дрова вологістю, до 20%	0.7	грн/кг	3800	ккал/кг	75%
Дерев'яні палети	2.27	грн/кг	4100	ккал/кг	82%
Результати розрахунку					
Природний газ	159	м ³ /Гкал	1092	грн/Г кал	
Електроенергія	1188	кВтг/Г кал	1853	грн/Г кал	
Кам'яне вугілля	254	кг/Гкал	889	грн/Г кал	
Торф'яні брикети	351	кг/ Г кал	596	грн/Г кал	
Дрова вологістю, до 20%	351	кг/ Г кал	246	грн/Г кал	
Дерев'яні палети	297	кг/ Г кал	675	грн/Г кал	
Експлуатаційні витрати на опалення будинку взаємності від виду палива:					
Орієнтовне теплове навантаження на с.о			12.55	[Г кал/рік]	
Орієнтовне теплове навантаження на с.о			183175	кВтг	
Централізоване тепл.	УАН 18,661.9				
Природний газ	УАН 13,705.4				
Електроенергія	УАН 23,256.8				
Кам'яне вугілля	УАН 11,155.6				
Торф'яні брикети	УАН 7,486.0				
Дрова вологістю, до 20%	УАН 3,082.5				

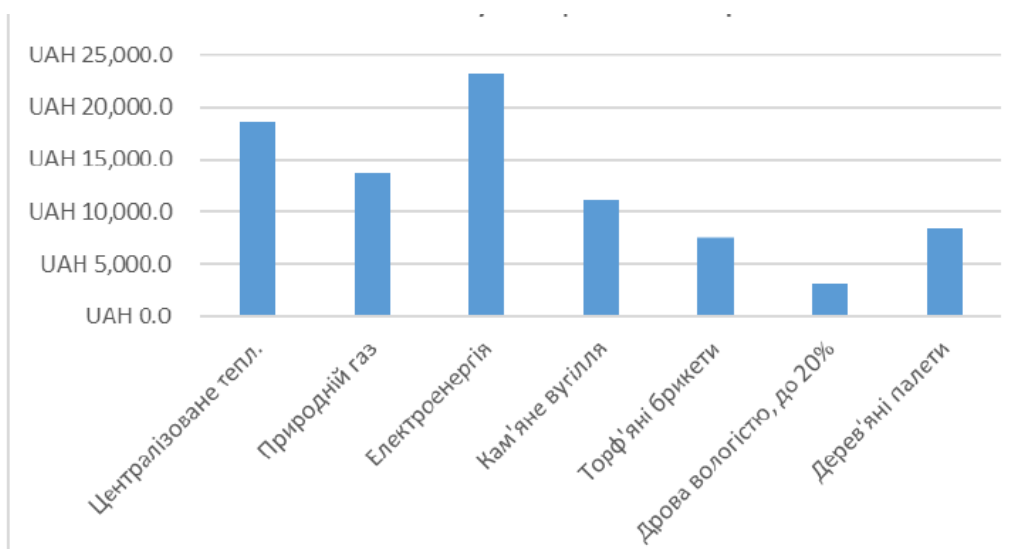


Рисунок 1.15 - Аналіз традиційних генераторів тепла та експлуатаційних витрат

1.7 Висновки по розділу 1

Проаналізувавши сучасні методи та засоби підвищення енергоефективності використання енергоресурсів при проектуванні, будівництві та експлуатації приватних житлових будинках, сформульовано наступні задачі дослідження:

- аналіз сучасного стану фонду житлових приватних будинків;
- вивчення методів та засобів підвищення енергоефективності у приватних житлових будинках;
- розгляд режимів функціонування споживачів теплової та електричної енергії у приватних житлових будинках;
- дослідження можливих джерел тепло- та електрозабезпечення приватних житлових будинків та порівняння ефективності їх функціонування;
- математичне моделювання режимів функціонування приватного будинку;
- розробка техніко-економічного обґрунтування запропонованих заходів з підвищення енергозберігаючих показників житлового приватного будинку;
- планування та розробка start up проекту з запровадження технічних та технологічних рішень для підвищення «пасивності» будинку з точки зору його енергоспоживання.

2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Методи оцінювання процесів споживання електричної енергії житловим будинком

Розгляньмо проект електричного опалення приватного житлового будинку. Проект було розроблено в 2017 році, коли діяли пільгові тарифи для населення, яке проживає в житлових будинках, обладнаних у встановленому порядку електроопалювальними установками. Тобто це міг бути електричний котел або тепловий насос, для яких був передбачений спеціальний тариф у період з 01 жовтня по 30 квітня включно. На жаль, з 01.01.2021 року дію цього тарифу призупинено і на сьогоднішній день НКРЕКП розробляє нові умови енергозабезпечення споруд, які обладнані електроопальними установками. Кількісні вихідні дані по тарифу, що діяв на момент розробки проекту, представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Тарифи на електроенергію на електричне опалення

Категорії споживачів	Тарифи на електроенергію, в копійках, за 1 кВтгод		
	Без ПДВ	ПДВ	з ПДВ
Електроенергія, що відпускається у період з 01 жовтня по 30 квітня (включно):			
за обсяг, спожитий до 3000 кВтгод електроенергії на місяць (включно)	75	15	90
за обсяг, спожитий понад 3000 кВтгод електроенергії на місяць	140	28	168

Електроживлення забезпечує КТП-3053, яка знаходиться в садовому товаристві. На рисунку 2.1 зображено ввід трьохфазної мережі до об'єкту, виконаний кабелем СІП-5 4х16. Навантаження по фазам розподілене симетрично. На вводі встановлено багатозонний лічильники електричної енергії типу НІК 2303 АРЗ Т.1400.МС.11.

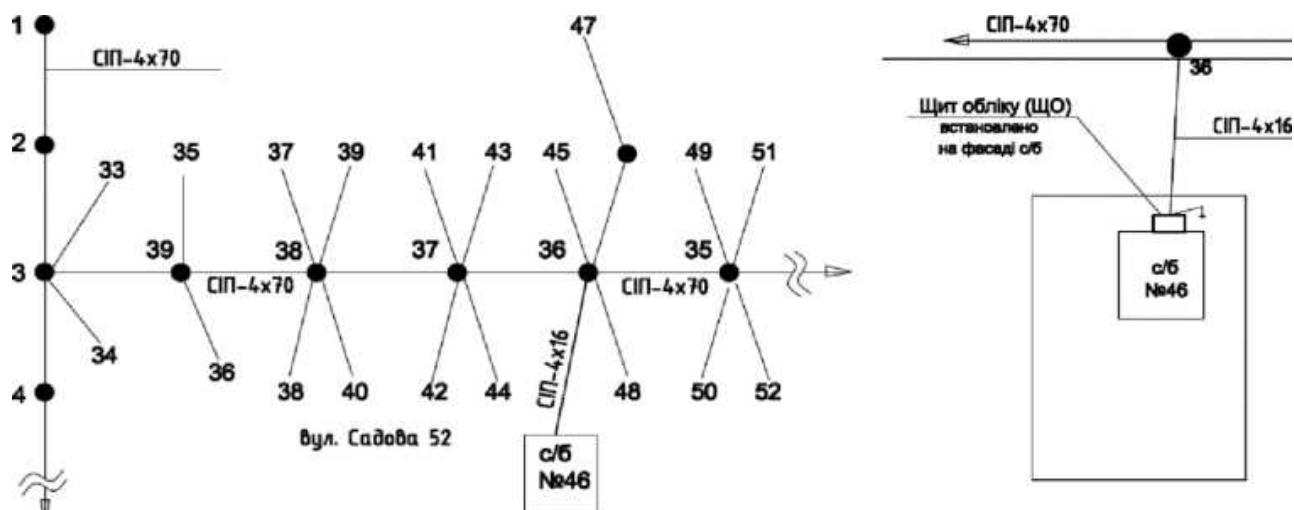


Рисунок 2.1 - Схема електропостачання та ввід на ділянку

Динаміку споживання електричної енергії будинком за період 2007 по 2018 р.р. проілюстровано на рисунку 2.2 [21]. Будинок введено в експлуатацію 2011 року, але з 2012 по 2015 рік в ньому не було реалізовано повноцінна система опалення. Опалення було лише точкове, зокрема, опалювались декілька кімнат електричними пристінними конвекторами та дров'яним каміном конвекційного типу, розташованим в центрі будинку. В подальшому в роботі до уваги буде братися та аналізуватися споживання за період 2016, 2017 та 2018 років, була встановлена повноцінна система опалення - «Тепла підлога» від проточного електродного котла ТМ «Обрій», встановленою номінальною потужністю 4 кВт.



Рисунок 2.2 - Динаміка споживання електричної енергії будинком

Рисунок 2.2 ілюструє споживання електричної енергії будинком на стадії будівництва (2007-2011р.р.), етапу експлуатації будинку без повноцінної системи опалення (2012-2015р.р.) та періоду функціонування системи опалення електроротел-«тепла підлога» - це три останні роки (2016, 2017 та 2018 рік). Величина амплітуди цих значень обумовлена багатьма факторами, зокрема, істотно суттєво впливає: зовнішня температура на вулиці (ГД – Градусо-Доби) [30], внутрішня температура повітря, постійна чи змінна кількість мешканців, людській фактор використання побутових приладів, зношеність обладнання та інші фактори.

Рисунки 2.3 - 2.5 демонструють щомісячну динаміку зміни споживання електричної енергії на опалення в зимовий період та побутовими електроприладами, що в подальшому дає можливість визначити базовий рівень споживання енергії житловим будинком. До 2017 року розрахунок за спожиту електричну енергію відбувався за одноставковим тарифом на електричну енергію. В 2017 році було розроблено проект електричного опалення будинку, збільшено приєднану потужність до 18 кВт, та встановлено лічильник електричної енергії, який було запрограмовано для розрахунку за спожиту енергію за двома зонами, день - Шкала № 1 та ніч - Шкала № 2.



Рисунок 2.3 – Щомісячне споживання електроенергії за 2016 рік



Рисунок 2.4 - Щомісячне споживання електроенергії за 2017 рік

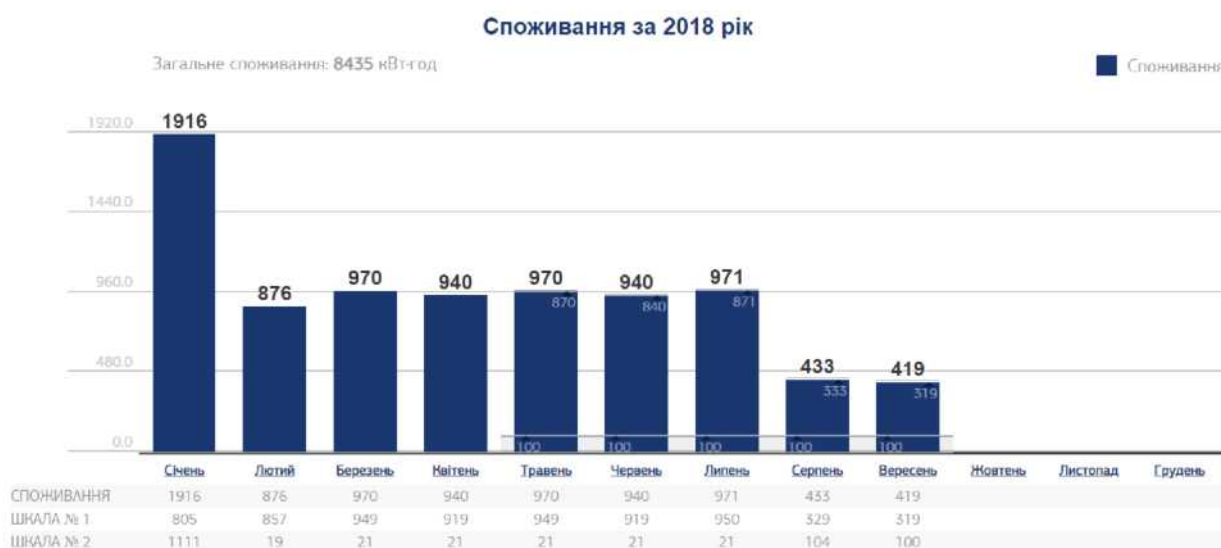


Рисунок 2.5 - Щомісячне споживання електроенергії за 2018 рік

2.2 Система моніторингу споживання електроенергії побутовими споживачами

Для технічного обліку електричної енергії на будинок було встановлено прилад Mirubee MIRUBOX V2 MONO (рис. 2.6), що дало можливість відслідковувати окремо споживання всіх побутових приладів. Встановлений прилад складається з трансформаторів струму (ТС) та напруги (ТН). Він передає данні посекундного споживання електричної енергії приладами за допомогою бездротової мережі WiFi. Даний прилад має три канали збору даних споживання електроенергії через три ТС що знімають показання навантаження на конкретній лінії. Після збору

даних за добу за допомогою математичних алгоритмів прилад виконує обчислення та розподіл споживачів по конкретному побутовому приладу.

Такий моніторинг дає можливість визначити найсуттєвіших споживачів електричної енергії. За результатами електричних вимірювань за 2018 рік, найбільш суттєвими побутовими споживачами є: 53 % від загального споживання побутових приладів займає бойлер, 36% робота холодильника, режим очікування та Led освітлення по 3%. Решту відстоків займають не визначенні приладом споживачі, такі як ПК, телевизор, фен та інші (рис. 2.7).

За допомогою Mirubee MIRUBOX V2 MONO зафіксовано добові графіки електричного навантаження, що в подальшому будуть необхідні для підбору та розрахунку гібридної сонячної електростанції з можливістю акумуляування, генерації електричної енергії в загальну мережу та живленням інженерного обладнання, таких як систему припливно-витяжної вентиляції, тепловий насос та іншого обладнання.

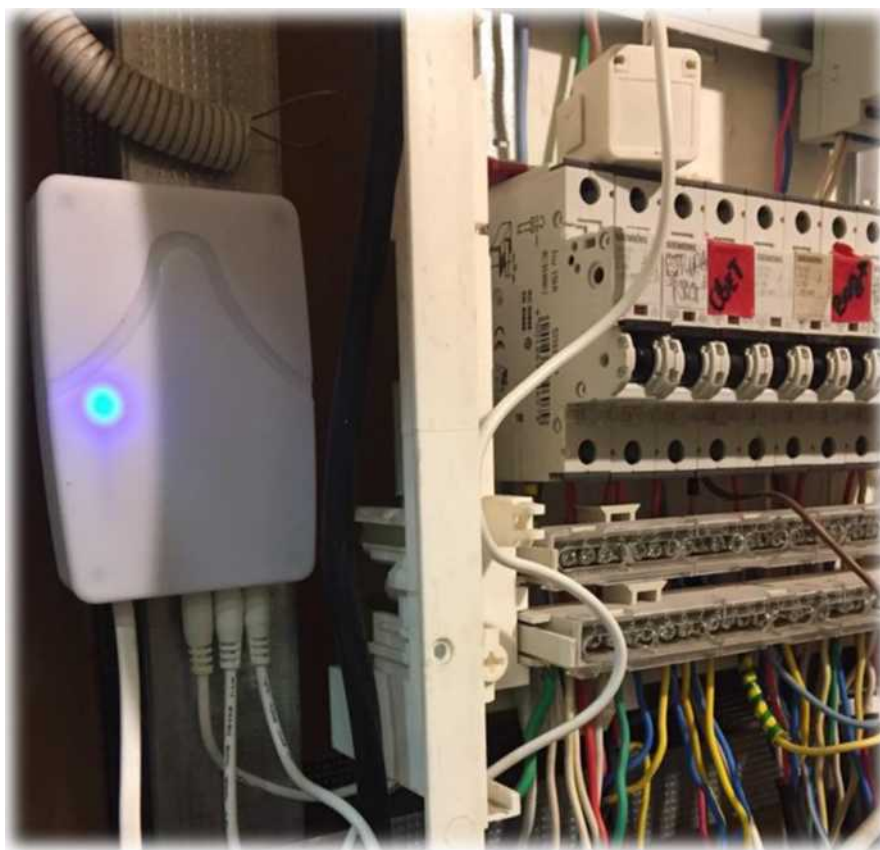


Рисунок 2.6 – Вигляд та розміщення Mirubee MIRUBOX V2 MONO в розподільчій шафі

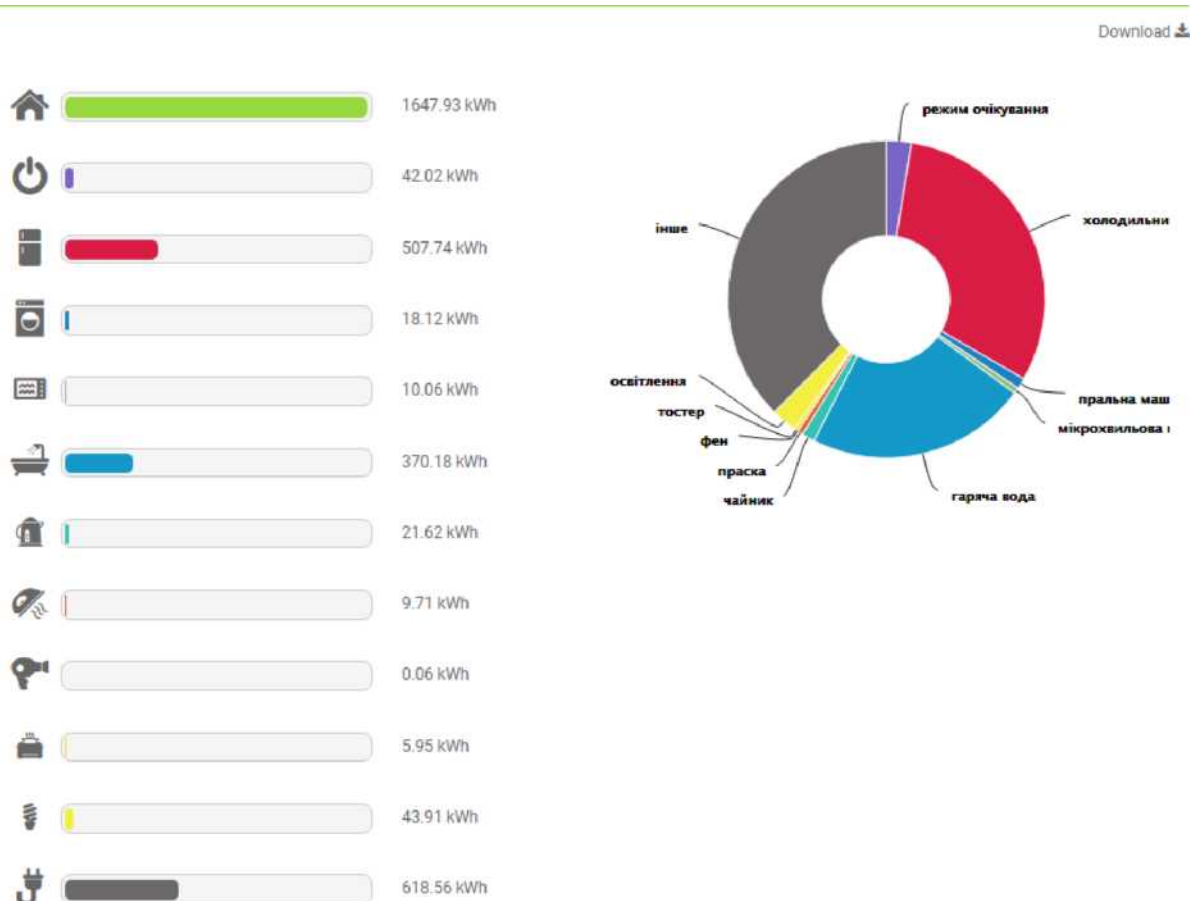


Рисунок 2.7 - Розподіл електроспоживання побутовими приладами за 2018 рік

Графіки електричних навантажень характеризують режими споживання електроенергії окремих споживачів та енергосистеми в цілому. Ці графіки показують зміну споживаної потужності на певному періоді часу (місяць, рік). Від режимів споживання електричної енергії залежать режими роботи енергетичних установок: основного генеруючого, транспортуючого та перетворюючого обладнання (електричних станцій, ліній електропередач та трансформаторних підстанцій).

За призначенням розрізняють звітні і перспективні графіки навантаження споживачів [22]. Звітні графіки призначені для аналізу режимів роботи енергосистеми в процесі експлуатації. Зазвичай це неперервна крива або ламана лінія. Призначення перспективних графіків - планування роботи і проектування енергосистем та окремих енергетичних об'єктів. Їх отримують розрахунковим шляхом. Для зручності використання перспективні графіки прийнято будувати у вигляді ступінчатої лінії, яка складається з 24 горизонтальних ділянок (добовий

графік), відповідно до навантаження кожної години електроспоживання, або 12

ділянок (річний графік), які відповідають максимальному та середньому навантаженню кожного місяця. Добовий графік, наприклад на рисунку 2.8, відображає такі показники як, максимальне та мінімальне навантаження (P_{\max} і P_{\min}), середньодобове навантаження ($P_{\text{ср}}$), коефіцієнт нерівномірності навантаження ($\alpha_{\text{доб}}$), щільність графіку навантаження ($\beta_{\text{доб}}$).



Рисунок 2.8 - Добовий графік навантаження за 28.10.2018

2.3 Конструктивні особливості проектованого житлового будинку

Рисунки 2.9 і 2.10 представлено проект вищезгаданого приватного будинку 2010 року побудови та прибудинкової території, який було обрано для розрахунків в якості демонстраційного прикладу.

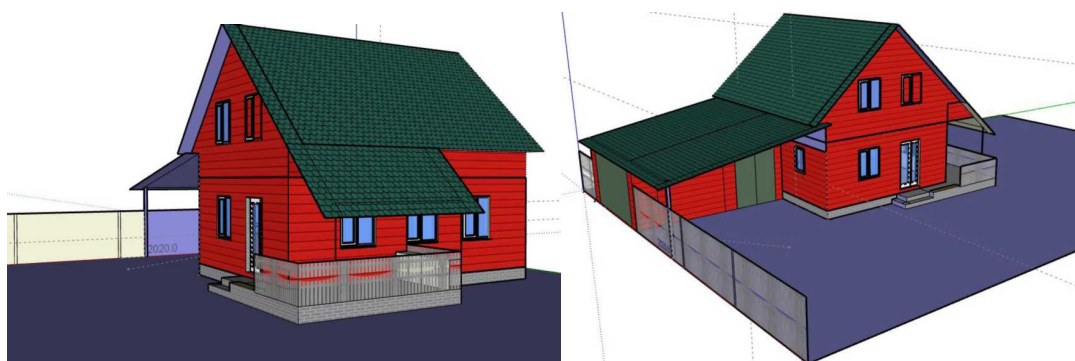


Рисунок 2.9 - Зовнішній вигляд будинку та прибудинкової території

Двохповерховий житловий будинок, опалювальною площею 125 м², знаходиться в Вінницькій області, місті Іллінці, по вулиці Свободи, будинок № 3. Проект будинку виконано на основі канадської технології каркасного будівництва [23], основні фасади будинку зорієнтовано на південь. Розрізи основних конструкцій будинку зображено на рисунку 2.11.

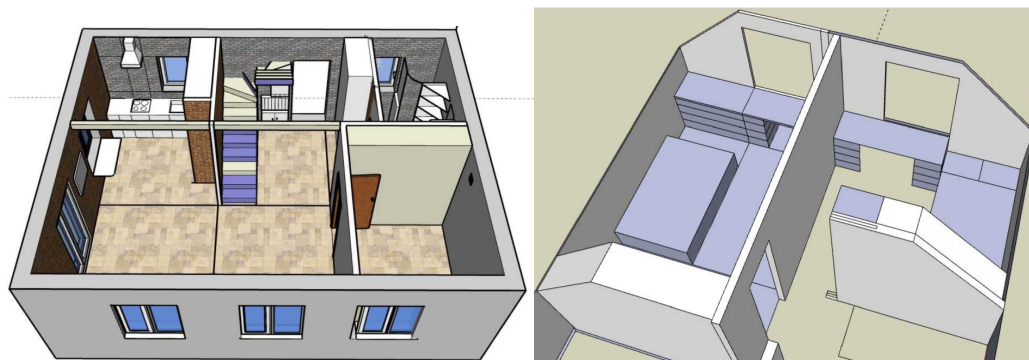


Рисунок 2.10 – Внутрішнє планування першого та другого поверху будинку

Підлога розташована під всією забудовою. Це вилита монолітна плита товщиною 300 мм з вмурованими закладними для монтажу каркасу будинку. Теплоізоляцію підлоги виконано 100 мм утеплювачем, а саме екструдером «ТМ Техноніколь» з коефіцієнтом теплопровідності 0,034 Вт/(м·К), верхній шар вилитий завтовшки 80 мм для забезпечення високої тепловіддачі від системи «тепла підлога» та обмурований керамічною плиткою,

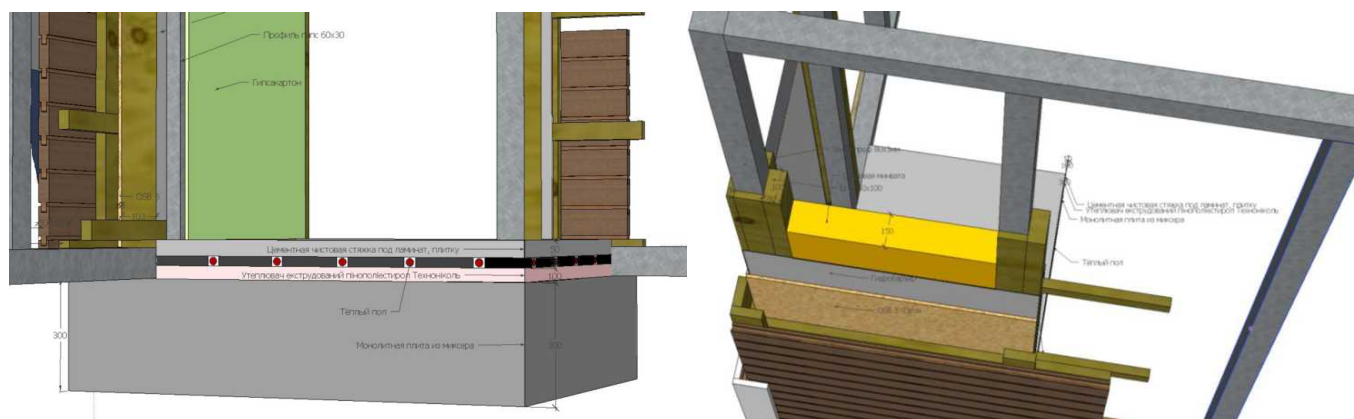


Рисунок 2.11 - Вертикальні розрізи конструкції зовнішньої стіни та підлоги

Основною інженерною системою опалення є площа першого поверху, яка облаштована системою низькотемпературного поверхневого опалення «тепла підлога».

Електричний котел номінальною тепловою потужністю 4 кВт є джерелом забезпечення теплової енергії в будинку. Конвекційний камін є резервним джерелом тепла.

Зовнішні стіни формуються з наступних шарів: фальш-брус 30 мм; вентиляційний прошарок 60 мм; OSB плита 12мм; вітрова ізоляція; мінеральна вата; плита ISOVER Каркас-П34 з коефіцієнтом теплопровідності 0,034 Вт/(м·К); гідроізоляція, повітряний прошарок, гіпсокартоні стіни. Розміри плити ISOVER Каркас-П34 шириною 610 мм забезпечують монтажні припуски для фіксації матеріалів в розпір між елементами каркасу.

Горище перекриття мансарди складається з гідроізоляційних плівок, мембранного типу, утеплювача ISOVER Профі [24], товщиною загального шару вже змонтованого утеплювача 250 мм. З внутрішньої сторони приміщення другого поверху оздоблено деревиною (стіноюю та стельовою вагонкою) завтовшки 12 мм.

В будинку встановлено металопластикові вікна [25] (профільна система чотирьохкамерна товщиною 60 мм, склопакет однокамерний, заповнений повітрям, дистанційна рамка 16 мм з одним низькоемісійним склом СПД 24 мм.

2.4 Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій будинку

Коли $t_{вн} > t_{зовн}$, (в холодний період року) неминучі втрати теплоти з приміщення. Для їх компенсації необхідно спроектувати та підібрати пасивну систему опалення [26].

Зазвичай тепловтрати відбуваються через огороджувальні конструкції

(зовнішні двері, вікна, стіни та підлогу - 1 поверх, мансарду, фасади та покрівлю - 2 поверх). Види теплових втрат в навколишнє середовище крізь огорожувальні конструкції та вентиляцію представлено на рисунку 2.12.

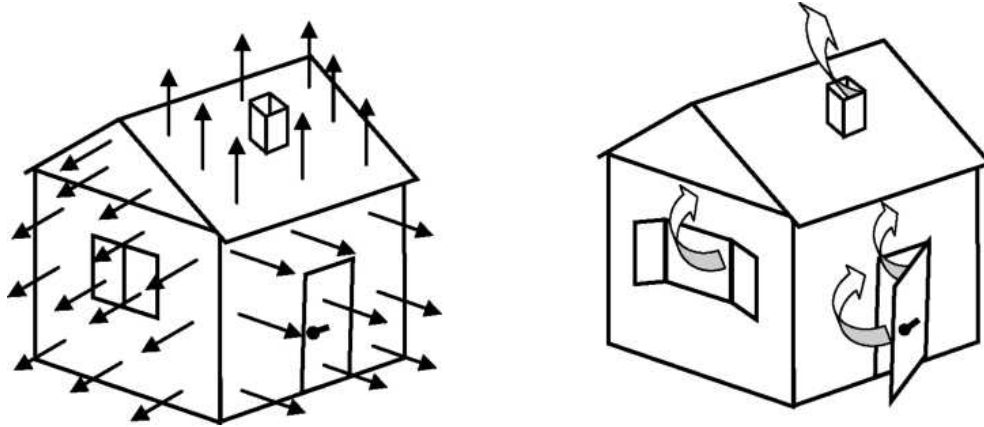


Рисунок 2.12 - Теплові втрати в навколишнє середовище крізь зовнішні огорожувальні конструкції та вентиляцію

При виконанні теплотехнічного розрахунку будинку необхідно визначити термічні опори та коефіцієнти теплопередачі [5].

Термічний опір теплопередачі через зовнішні огорожувальні конструкції знаходиться за формулою:

$$R_{i\ddot{a}.e\ddot{i}\tilde{n}\delta\delta} = \frac{1}{\alpha_{\zeta i\ddot{a}i}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\ddot{a}i}} \quad (2.1)$$

де $R_{ог.констр.}$ - термічний опір через зовнішні огорожувальні конструкції, Вт/(м² • К);

$\alpha_{\ddot{a}i}$ та $\alpha_{\zeta i\ddot{a}i}$ - коефіцієнти тепловіддачі відповідно із внутрішньої сторони будівлі (залежить від типу конструкції (для зовнішніх стін, $\alpha_{\ddot{a}i} = 8,7$ Вт/(м² • К)) та від стін зовнішньому середовищу ($\alpha_{\zeta i\ddot{a}i} = 23$ Вт/(м² • К)), Вт/(м² • К);

λ_i - коефіцієнт теплопровідності відповідного шару Вт/(м • К);

δ_i - товщина, відповідного шару, м.

Коефіцієнт теплопередачі стіни визначемо за формулою:

$$U = 1/R_{ог.контр.} \quad (2.2)$$

Через підлогу, розташовану на ґрунті, втрати тепла підраховуються по зонах з урахуванням відстані від зовнішніх стін. Зоною називається смуга підлоги шириною 2 м, паралельна лінії зовнішньої стіни. Нумеруються зони наступним чином: найближча до зовнішньої стіни зона - перша, подальші — друга і третя, вся решта частини підлоги — четверта. Частина площі першої зони (2x2 м), що прилягає до кута зовнішніх стін, має підвищені тепловтрати і враховується двічі (рис. 2.13) [27].

Для окремої зони утепленої підлоги на ґрунті:

$$R_{\text{ізоляції}} = R_{\text{неут. підл.}} + \frac{\delta_{\text{ізоляції}}}{\lambda_{\text{ізоляції}}} \quad (2.3)$$

де $R_{\text{неут. підл.}}$ - термічний опір неутепленої підлоги на ґрунті для окремої зони;

$\delta_{\text{ізоляції}}$ - товщина утеплюючих шарів, м;

$\lambda_{\text{ізоляції}}$ - коефіцієнт теплопровідності утеплюючих шарів, Вт/(м К).

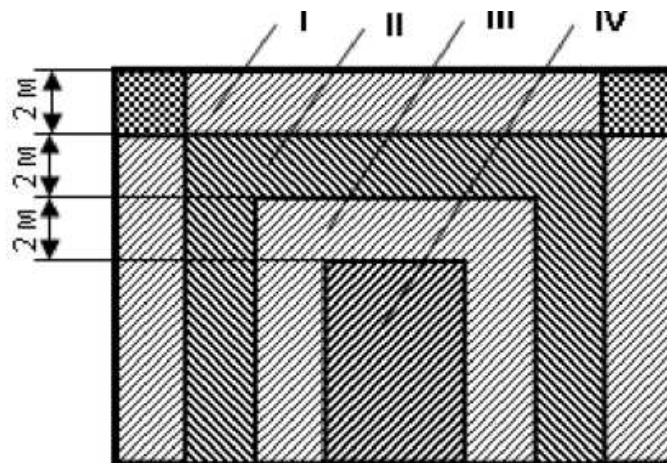


Рисунок 2.13 – Розбивка підлоги на зони для визначення втрат теплоти

Для подальшого розрахунку тепловтрат будинку та навантаження на систему опалення треба визначитися з типом огорожувальних конструкцій та матеріалами з яких вони виготовлені. Вихідні дані по матеріалам та їх теплофізичним властивостям зведені до таблиці 2.2..

Визначення тепловтрат будинку.

На основі вищенаведеного алгоритму та вихідних даних таблиці 2.2 було виконано розрахунок тепловтрат будинку в програмному продукті *TempoPoteri Zdania (TPZ)*, розробленому кафедрою теплоенергетики та гідроенергетики ІННІ ЗНУ. Алгоритм теплотехнічного розрахунку тепловтрат будинку складено з урахуванням матеріалів конструкції будинку, кліматичних умов розміщення будинку, нормативних параметрів мікроклімату в приміщеннях, орієнтації зовнішніх огорожувальних конструкцій та витрати тепла на вентиляцію приміщень [28].

Отже, результати розрахунку дають змогу зробити попередні висновки та отримати наступні вихідні дані для подальшого аналізу. Таким чином питома витрата теплової енергії на опалення складає $50,5 \text{ Вт/м}^2$, що є досить хорошим показником ефективності теплової ізоляції будинку. Однак тепловтрати будинку складають $5,7 \text{ кВт}$, при чому витрата тепла на вентиляцію приміщень становить майже $2,3 \text{ кВт}$. В подальшому дослідженні для підвищення рівня енергетичної ефективності будинку необхідно буде особливу увагу приділити системі вентиляції.

Надалі для розрахунку енергопотреб на опалення потрібно дослідити та проаналізувати метеорологічні данні протягом року [30].

Таблиця 2.2 - Термічний опір зовнішніх огорожувальних конструкцій

Тип огорожувальних конструкцій	δ , м	λ , Вт/(м * К)	R, (м ² *К)/Вт	U, Вт/(м ² * К)
1. Зовнішні стіни				
Фальш брус	0,03	0,35	5,011	0,200
OSB плита	0,012	0,22		
ISOVER Каркас-ПЗ4	0,15	0,034		
Повітряний зазор	0,02	0,03		
Гіпсокартон	0,012	0,21		
2. Горищне перекриття				
дерево (хвойне, поперек волокон)	0,012	0,35	7,097	0,141
ISOVER Профі	0,25	0,037		
Повітряний бар'єр	0,03	0,19		
Дах-металочерепиця	0,003	50		
3. Підлога				
Чорновий бетон(суцільна подушка)	0,3	1,86	3,32	0,301
Техноніколь Carbon ECO	0,1	0,034		
Алюмфлекс	0,001	0,032		
Система «тепла-підлога»	0,016	-		
Пустотілий бетон	0,08	0,45		
Плитка керамічна «Орогно»	0,012	1,05		
4. Вікна				
м/п однокамерні 4М1-16-4і	-	-	0,591	1,69
5. Двері				
Металічні утеплені противоударні	-	-	0,65	1,53

Результати розрахунку тепловтрат окремих елементів будинку та будівлі в цілому у вигляді звітних форм використаного програмного продукту TRZ представлено на рисунках 2.14 - 2.16.

Итоги - Ведомость ограждений

Символ	Описание ограждения	k	F	Qогр	Орс	Q1	Вид ограждения
		Вт/м ²	м ²	Вт	ГДж/го	ГДж/го	
ДВЕРІ		1.538	0	111			Двери наружные
МАНСАРТА	перекрытия та скати мансарти	0.141	57.6	331			Крыша
ОКНА	4м1-16-4і 4-х камерний профіль 60 мм	1.692	19.5	1363			Окно наружное (фонарь)
ПІЛЛО		0.261	43.0	464			Пол на грунте I зона
СТІВА	Каркасні стіни	0.200	124.9	1024			Стена наружная

Рисунок 2.14 - Відомості про зовнішні огорожувальні конструкторські

Итоги - Ведомость помещений

Сим	Описание помещения	Tв	QO	Qфоп	F	Куб.	Qf	«V	Qогр	Qв	N	VB	d1	d2
		°C	Вт	Вт	м ²	м ³	Вт/м	Вт/м	Вт	Вт	л/ч	м ³ /ч		
1	Кухня - Гістьова кімната	20	1708	0	30.0	78	57	22	1177	412	1.0	78	0.180	-
2	холл	18	246	0	6.0	16	41	16	218	0	0.0	0	0.130	0
3	ванна	18	827	0	9.0	23	92	35	316	473	2.0	47	0.150	-
4	спальня	20	493	0	9.2	24	54	21	375	126	1.0	24	0.050	-
5	Госполапська спальня	18	835	0	25.0	65	33	13	543	299	1.0	65	0.050	-
6	дитяча кімната	20	1000	0	18.0	47	56	21	337	675	1.5	70	0.050	-
7	гостьова спальня	18	492	0	12.0	31	41	16	277	206	1.0	31	0.050	-
8	тамбур	18	120	0	4.0	10	30	12	50	69	1.0	10	0.030	0

Рисунок 2.15 - Відомості про тепловтрати в кожному приміщенні та розрахункові параметри при визначенні тепловтрат

Підсумки розрахунку тепловтрат:

Название проекта:	житловий будинок			
Расположение:	вул. Свободи, будинок 3			
Проектировщик:	Ференчук Ілля Васильович			
Дата расчетов:	Вторник, 9 ноября 2021, 11:23			
Населен. пункт:	Вінницька обл., м.Іллінці			
Климат. зона:	4	Темпер, наружная	[°C]	-22
Площадь, м2:	113	Кубатура здания	[м3]	294
Расчетные теплопотери		Qрасч.	[Вт]	5721
Расход тепла на вентиляцию		Qвент.	[Вт]	2259
Дополнительные теплопоступления в помещениях		Qдоп.	[Вт]	0
Потребление тепла на м2 поверхности отоплен		Qf	[Вт/м ²]	50,3
Потребление тепла на м3 кубатуры отопления		Qv	[Вт/м ³]	19,4

Рисунок 2.16 - Загальні тепловтрати будинку

Дослідження метеорологічних даних регіону.

З статистичних звітів метеорологічних станцій [30] вибираємо кліматологічні

дані за 2020 рік. Вихідні та приведені показники вибираємо з відповідних таблиць та будуємо графіки температурних умов за звітний період (рис. 2.17).

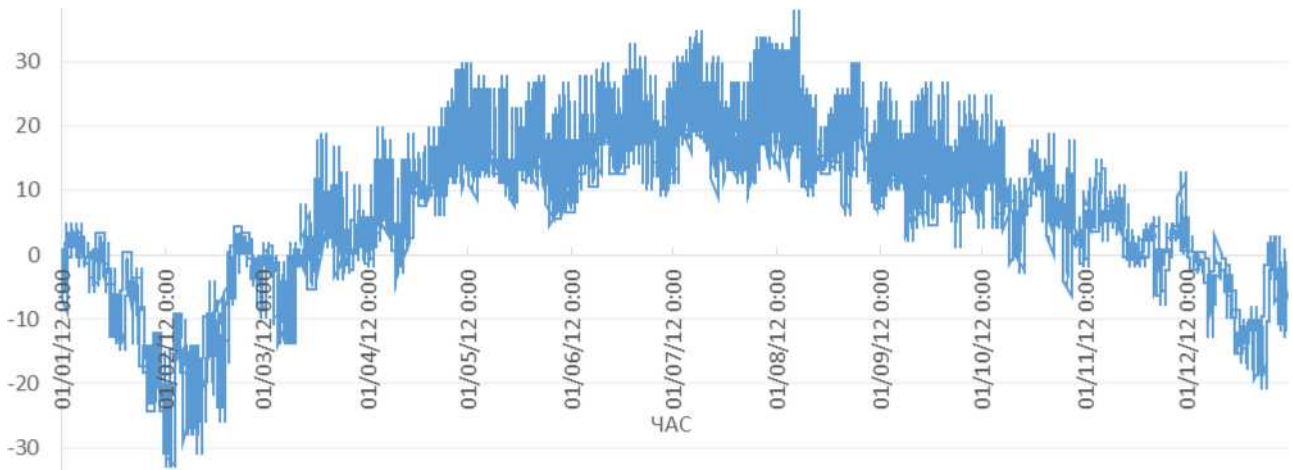


Рисунок 2.17 - Коливання температурних умов за 2020 рік

Також будують діаграму тривалості температурних режимів за опалювальний період 2020 року, що зображена на рисунку 2.18, де наведені статистичні дані з метеостанції. Ці щогодинні дані за опалювальний сезон потрібні для розрахунку теплового навантаження на будинок.

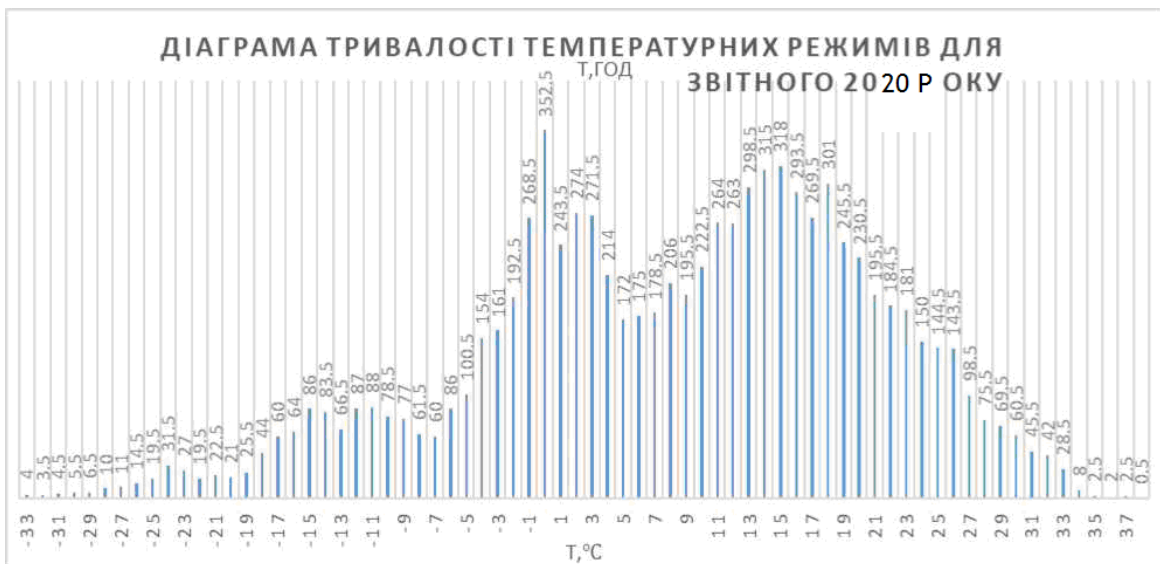


Рисунок 2.18 - Тривалість температурних режимів для 2020 року

Залежність тепловтрат будівлі від зовнішньої температури, зареєстрованої протягом опалювального періоду, зображуємо у вигляді графіка (рис. 2.19) та дані зводимо до таблиці 2.3 з тривалістю зареєстрованих температурних режимів.

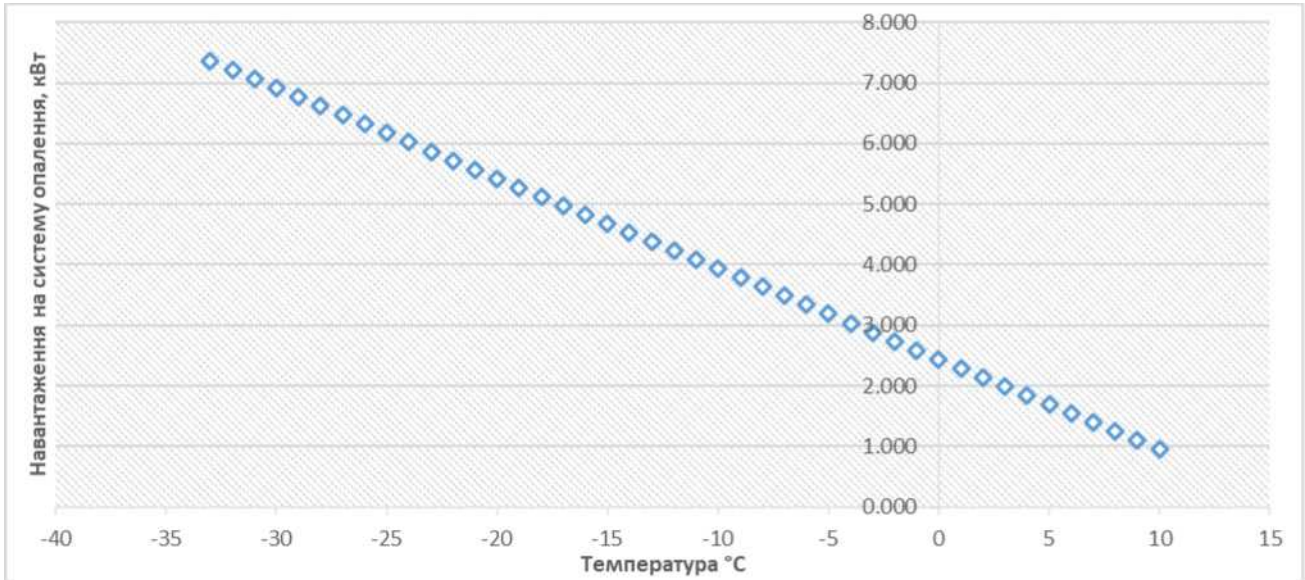


Рисунок 2.19 – Залежність тепловтрат від зовнішньої температури для 2020 року

Таблиця 2.3 - Таблиця залежності тепловтрат від зовнішньої температури та тривалість температурних режимів

Т,°с	t, год	Q _{т.втр.} , кВт	Т,°с	t, год	Q _{т.втр.} , кВт	Т,°с	t, год	Q _{т.втр.} , кВт
-33	4	7,361	-19	25,5	5,274	-4	154	3,037
-32	3,5	7,212	-18	44	5,125	-3	161	2,888
-31	4,5	7,063	-17	60	4,976	-2	192,5	2,739
-30	5,5	6,914	-16	64	4,826	-1	268,5	2,590
-29	6,5	6,765	-15	86	4,677	0	352,5	2,441
-28	10	6,616	-14	83,5	4,528	1	243,5	2,292
-27	11	6,466	-13	66,5	4,379	2	274	2,143
-26	14,5	6,317	-12	87	4,230	3	271,5	1,994
-25	19,5	6,168	-11	88	4,081	4	214	1,845
-24	31,5	6,019	-10	78,5	3,932	5	172	1,695
-23	27	5,870	-9	77	3,783	6	175	1,546
-22	19,5	5,721	-8	61,5	3,634	7	178,5	1,397
-21	22,5	5,572	-7	760	3,485	8	206	1,248
-20	21	5,423	-6	86	3,336	9	195,5	1,099
			-5	100,5	3,186	10	222,5	0,950

2.5 Прогнозуванн процесів споживання енергії на опалення та ГВП

Система опалення.

Для моделювання та прогнозування розрахункових витрат на систему опалення скористуємося раніше визначеними тепловтратами на будинок, кліматологічними даними та особливостями низькотемпературної системи опалення. Для подальшої обробки звіт з моделювання представимо в придатній табличій формі (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Вихідні та розрахункові показники моделювання

Назва параметру	Отримані значення в ході моделювання
<i>Розрахункові параметри</i>	
Розрахункова температура внутрішнього повітря, [С]	20
Розрахункова температура зовнішнього повітря, [С]	-22
Тривалість опалювального періоду, [доба]	176
Середня температура зовнішнього повітря, [С]	-0,10
Розрахункова кількість градусо-днів опалювального періоду, [С * доба]	3538
Тип проекту	Індивідуальне будівництво
Орієнтація фасадів будинку	Орієнтація фасадів за чотирьма сторонами світу
Система опалення	Автономна
Тип заповнення світлового прорізу	Однокамерні склопакети в одинарних плетіннях з 4і скла
Вид матеріалу плетіння	Дерев'яний або ПВХ профіль
Середня кратність повітрообміну будинку за опалювальний період, [год ⁻¹]	1,36
Величина побутових теплонадходжень на 1 м ²	10,00
<i>Геометричні показники будинку</i>	
Загальна площа зовнішніх огорожувальних конструкцій будинку, [м ²]	266,51
В тому числі:	
- стін, [м ²]	118,00
- вікон і балконних дверей, [м ²]	18,01
- входних дверей та воріт, [м ²]	1,80
- горизонтних перекриттів (холодного горища), [м]	65,70
- підлоги по ґрунту, [м ²]	63,00
Площа опалюваних приміщень, [м ²]	113,00
Площа житлових приміщень і кухонь, [м ²]	113,00
Опалюваний об'єм, [м]	293,00
Коефіцієнт скління фасадів будинку	0,13
Показник компактності будинку	0,91
<i>Орієнтація та площа світло прозорих конструкцій</i>	
Площа світлопрозорих елементів 1 фасаду (Пн/ПнЗ), [м]	1,86
Площа світлопрозорих елементів 2 фасаду (С/ПнС), [м]	3,36
Площа світлопрозорих елементів 3 фасаду (Пд/ПдС), [м]	5,04
Площа світлопрозорих елементів 4 фасаду (З/ПдЗ), [м ²]	7,75
<i>Розрахункові приведені коефіцієнти теплопередачі</i>	
Умовний коефіцієнт теплопередачі огорожувальних конструкцій будинку, [Вт / (м ² * К)]	0,31
Приведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, [Вт/(м ² -К)]	0,36
Загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, [Вт/(м ² -К)]	0,67
<i>Енергетичні показники моделювання</i>	
Розрахункові питомі тепловитрати, [кВт-год / м ²]	72,31
Загальні тепловтрати будинку через огорожувальну оболонку будинку, [кВт-год]	1,51 · 10 ⁴
Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, [кВт-год]	4,77 · 10 ³
Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду, [кВт-год]	1,30 · 10 ³
Розрахункові витрати теплової енергії, [кВт-год]	9,039 · 10 ³

Згідно зі здобутими результатами моделювання, розрахункове енергоспоживання за опалювальний сезон становлять 9,039-10 [кВт-год], розрахункова теплова потужність системи опалення складає 5,712 [кВт].

Система гарячого водопостачання.

Мета розрахунку - визначення внеску системи гарячого водопостачання в оцінку річного енергоспоживання будинку [29]. Згідно з нормативами приймаємо наступні вихідні параметри: максимальна температура подачі гарячої води 53°C, температура води на вході 10°C.

Витрату енергії на ГВП було розраховано в таблиці 2.5, де зведено оціночне споживання ГВП відповідно до добового навантаження на систему гарячого водопостачання з фіксованою кількістю проживаючих в будинку.

Таблиця 2.5 - Споживання гарячої води

Призначення	Температура води, °C	Разове споживання гарячої води, л	Енерговитрати за день, кВт	Кількість спрацьовувань в день, шт.	Споживана потужність, сумарна, кВт	Сумарний обсяг, л
Умивання	40	2,1	0,11	16	1,68	33,6
На поверх	40	2,1	0,11	1	0,11	2,1
Вологе прибирання	55	2,1	0,11	2	0,21	4,2
Миття посуду мале	55	6,31	0,32	1	0,32	6,3
Миття посуду середнє	55	8,41	0,42		0,0	0,0
Миття посуду овге	55	14,72	0,74	1	0,74	14,7
Передпокій	40	10,52	0,53		0,0	0,0
Витрата на душ	40	28,04	1,42	2	2,80	56,1
Витрата на ванну	40	72,2	3,61		0,0	0,0
Всього за день (при t= 53°C)					5,85	117,1

За допомогою розрахунку було визначено добове навантаження на систему ГВП будинку: воно складає 5,85 кВт-год/добу. Також визначили загальні витрати гарячої води на виході: 117,1 л. Таким чином навантаження на систему ГВП протягом року складає 2133,46 кВт-год/рік (табл. 2.6).

Таблиця 2.6 - Розрахункові показники енергоспоживання електричної енергії будинком на опалення та ГВП

Енергопотреба будинку в ГВП, кВт-год	$W_{\text{ГВП}}$	2133,46
Енергопотреба будинку в опаленні, кВт-год	$W_{\text{опалення}}$	9038,78
Питоме енергоспоживання кВт-г/м ²	$W_{\text{питоме}}$	89,37

Визначення базового рівня споживання електричної енергії на потреби опалення та ГВП.

Базовий рівень енерговикористання є основним показником даного розрахунку та основою для порівняння рівнів енергоефективності. Відносно базового рівня можна оцінити зміни в енергоефективності будівлі. Базовий рівень енерговикористання показує фактичні показники будинків без застосування заходів щодо вдосконалення енергоефективності. Для кількох показників енергоефективності може бути використано один і той самий базовий рівень енерговикористання. Базовий рівень щомісячного споживання енергії представлено на рисунку 2.20.

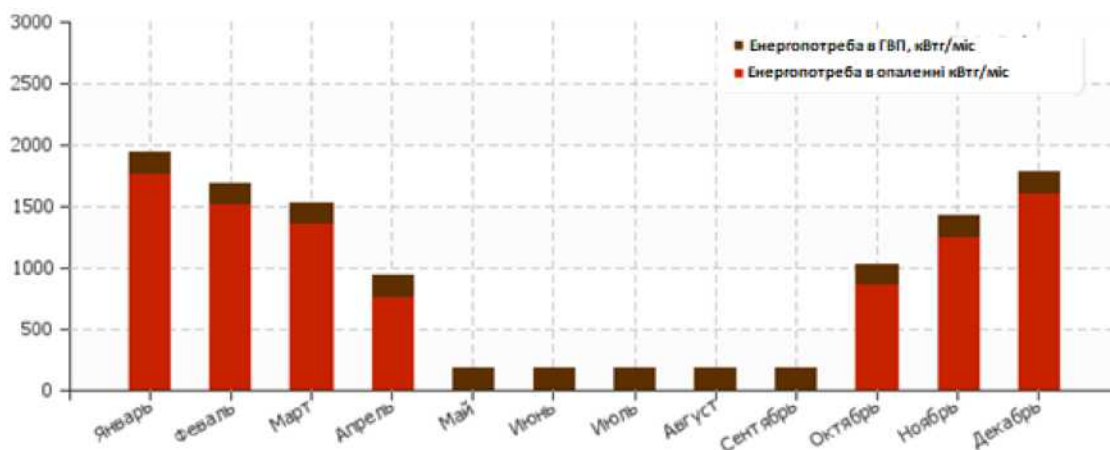


Рисунок 2.20 - Базовий рівень споживання енергії

Таким чином, прогнозування процесів попиту електроенергії на потреби опалення та ГВП дало змогу оцінити загальний базовий рівень енергоспоживання житловим будинком, що складає 89 кВт-год/м² опалювальної площі. За фактичним станом інженерних систем, якими оснащено будинок, його можна віднести до

категорії енергоощадності житлових будинків «Будівля низького споживання енергії». Для переведення будинку до категорії «пасивного будинку» в наступному етапі дослідження буде запропоновано сучасні енергоефективні рішення по заміні інженерного обладнання будинку.

2.6 Методи підвищення енергоефективності будинку

Проектування «пасивного будинку» включає три основні етапи [31]:

- побудову математичної моделі тепломасообмінних процесів;
- формулювання оптимізаційної задачі та вибір залежно від цілі оптимізації цільової функції, тобто граничних умов;
- розв'язання поставленої оптимізаційної задачі.

Розгляньмо структурну схему взаємодії функціонування елементів будинку, як енергетичної системи споживання електричної та теплової енергії, (рис. 2.21).

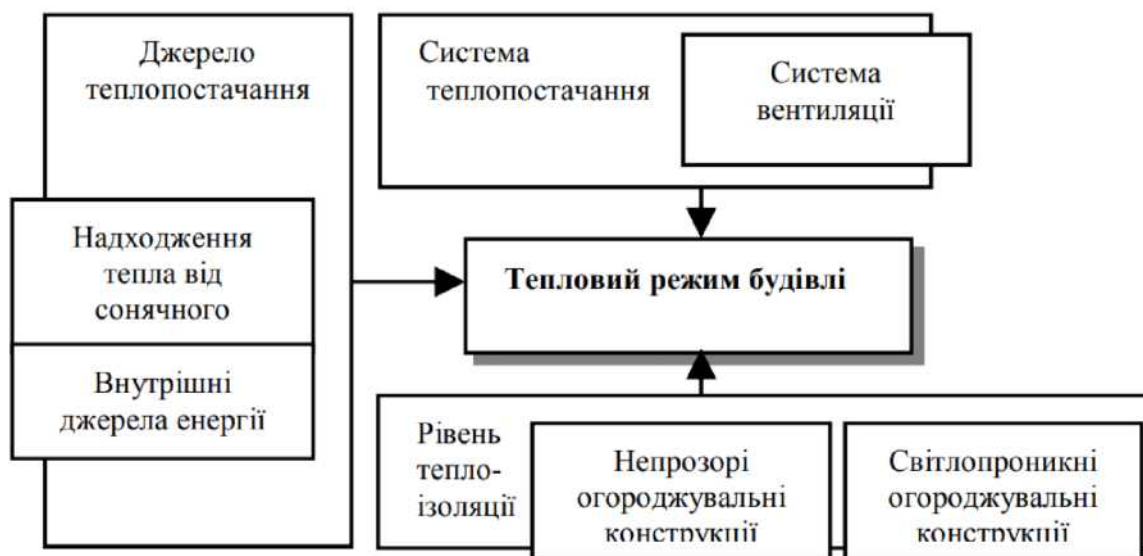


Рисунок 2.21 - Взаємодія підсистем будинку

Основними чинниками, що впливають на формування теплового режиму і відповідного енергетичного класу будинку (питомого споживання енергії на опалення, охолодження та ГВП) здійснюють його інженерні системи. Від властивостей цієї енергетичної підсистеми залежить вибір параметрів підсистеми

опалення, охолодження та ГВП.

На рисунку 2.22 наведено схему основних етапів та факторів, що передують моделюванню енергоспоживання будівлі [31]. Як бачимо, напочатку безпосередньо виконується енергетичне обстеження, першим етапом якого є збір даних. Тільки після оцінки існуючого стану необхідно розробляти методи, спрямовані на підвищення ефективності використання енергії.

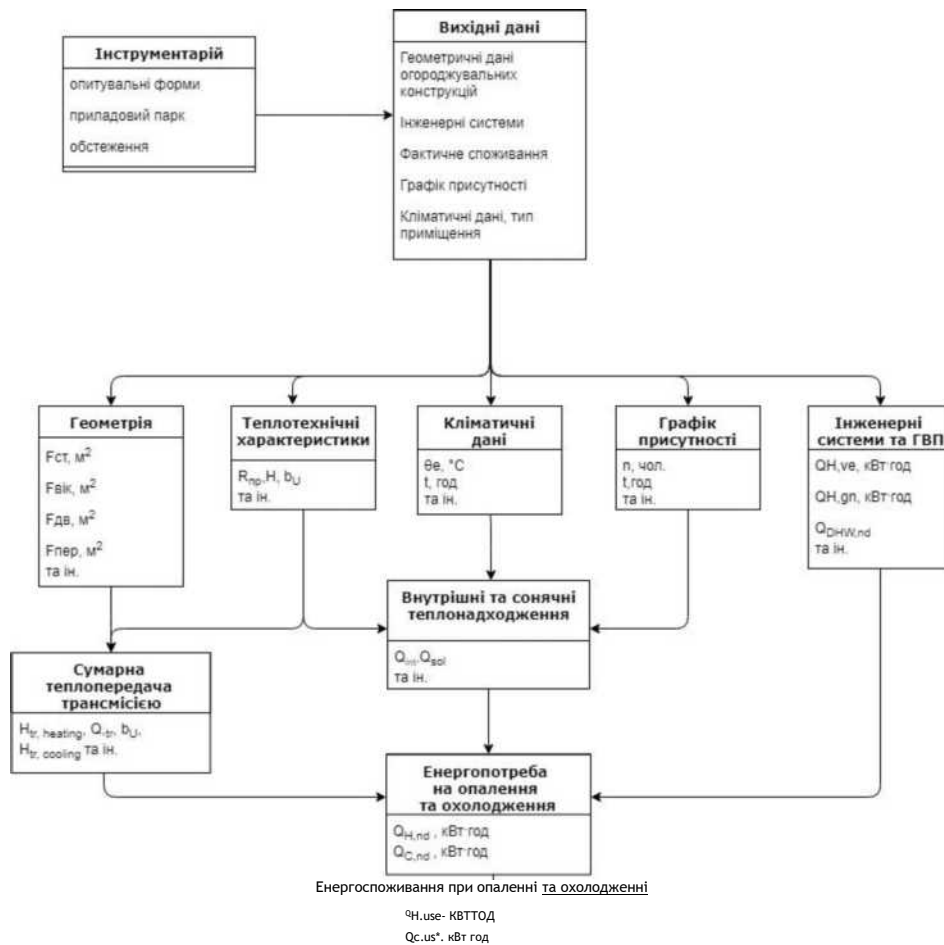


Рисунок 2.22 - Основні етапи та фактори моделювання

Є декілька напрямків підвищення енергоефективності «пасивного будинку». Для зменшення споживання зовнішньої енергії застосовується ряд сучасних інженерних рішень - геліоколектори для приготування гарячої води від енергії сонця; теплові насоси; геотермальні вентиляційні установки; а на виробництво електроенергії - комплекти сонячних електростанцій.

Геліоколектори передбачені максимально використовувати сонячне випромінювання для нагрівання води. Вони забезпечують будинок ГВП у весняно-

літній-осінній період. Крім того, можуть підтримувати систему низькотемпературного опалення «тепла підлога».

Тепловий насос високоефективно використовує потенціал навколишнього середовища (повітря, землі, води), що дає змогу отримати на виході з системи в 3 - 4 рази більше теплової енергії, ніж витрачається електроенергії на її виробництво в традиційному вигляді. При спільній роботі з низькопотенційними системами опалення (фанкойли, тепла підлога та теплі стіни) досягається максимальна ефективність роботи теплового насосу.

Сонячні батареї і вітряні генератори, перетворюючи в електроенергію сонячне випромінювання і енергію вітру, дозволяють зробити «пасивний» будинок «нульовим». Або навіть «активним», якщо їх продуктивність енергії вище споживання «пасивного» будинку.

Застосування таких систем (геліоколектори, тепловий насос, геотермальна рекуперація повітря) поступово відтисняє традиційні способів опалення (радіатори, батарей, котли, каміни, дров'яні печі) з їх низькою енергоефективністю [32].

Інколи реалізація оптимального рішення неможлива з технічних або економічних причин. У цьому випадку запропоновано ввести показник h , який характеризує ступінь відхилення реалізованого рішення від оптимального і є показником енергоефективності проектного рішення. За визначенням:

$$h = PE\Phi / Q_{np} \quad (2.4)$$

де $PE\Phi$ - витрата вторинної енергії на створення необхідного мікроклімату в приміщеннях «пасивного будинку»;

Q_{np} - фактична витрата енергії на створення мікроклімату в приміщеннях.

Розділимо математичну модель теплового режиму будинку як єдину теплоенергетичну систему на три взаємозалежних підмоделі: оптимального обліку впливу зовнішнього клімату на будівлю; оптимального вибору тепло- і сонцезахисних характеристик зовнішніх огорожувальних конструкцій; вибору систем забезпечення мікроклімату.

Тоді можна записати:

$$h = p_1 * p_2 * p_3, \quad (2.5)$$

де p_1 - показник теплоенергетичної ефективності оптимального обліку впливу зовнішнього клімату на будівлю;

p_2 - показник теплоенергетичної ефективності оптимального вибору тепло- і сонцезахисних характеристик зовнішніх огорожувальних конструкцій;

p_3 - показник теплоенергетичної ефективності оптимального вибору систем забезпечення мікроклімату.

В роботі детально досліджено лише третю складову, тому що за її допомогою можливо найбільш раціонально підвищити ефективність функціонування житлового будинку та наближення моделі споживання до «пасивних будинків».

Досліджувані в подальшому інженерні технології згідно концепції «пасивний будинок» зображені на рисунку 2.23.

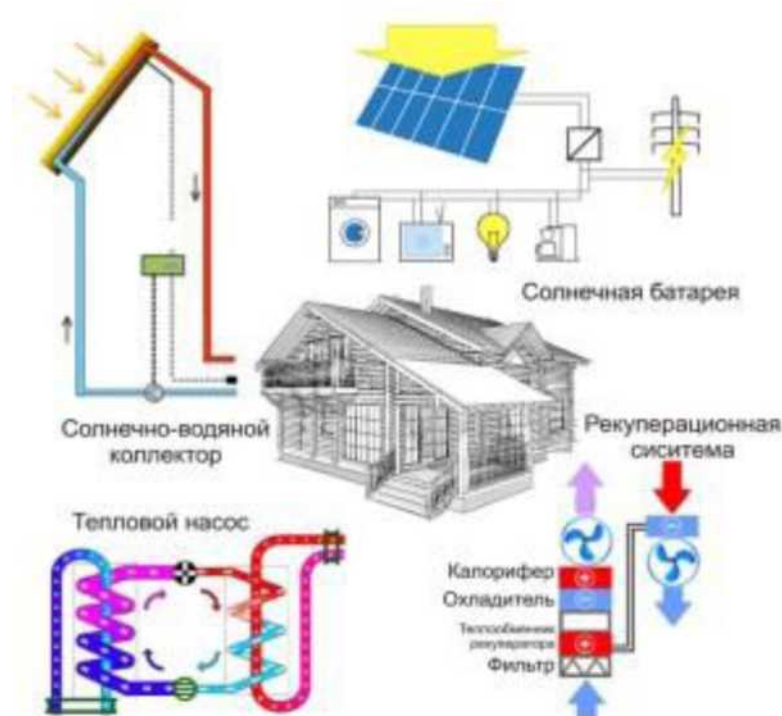


Рисунок 2.23 - Запропоновані інженерні технології

2.6.1 Застосування теплових насосів для потреб опалення та ГВП

Теплові насоси можуть безмежно використовувати доступне тепло навколишнього середовища – повітря, ґрунту, води - забезпечуючи при низьких експлуатаційних витратах максимальну ефективність системи опалення [33].

Застосування теплових насосів дає наступне:

- Теплові насоси не викидають в атмосферу CO₂ на відміну від систем опалення, які працюють на викопних видах палива (відрізняються екологічністю);
- Теплові насоси економічні в експлуатації (відрізняються низькими витратами);
- Теплові насоси функціонують як з опаленням типу «тепла підлога», так і в комбінації з нагрівальними приладами (фанкоїл, радіатор), також можуть працювати влітку в режимі охолодження (для кондиціонування приміщення) (відрізняються універсальні в застосуванні).

Наприклад, тепловий насос HITACHI RWD-4.0NWSE-260S комбінованого типу з вбудованим гідромодулем, в якому відбувається приготування гарчячої води від теплового насосу та додатково від сонячного колектора та працює на опалення будинку, має високий COP (Coefficient of performance) (табл. 2.7, 2.8 та рис. 2.24).

Таблиця 2.7 - Вихідні дані для підбору ТН

Розрахункова зовнішня температура	-22 °C
Зовнішня температура (без навантаження)	12 °C
Максимальна температура теплоносія	45 °C
Мінімальна температура теплоносія	30 °C
Теплопродуктивність, що покривається тепловим насосом	100 %
«Точка бівалентності»	-24.54 °C
Тепловтрата, на яку підбирається ТН	5 кВт

Таблиця 2.8- Розрахункові параметри ТН

Теплопродуктивність, ном.-макс. (A7 / W35)	кВт	8,05-11,5
Холодопродуктивність, макс. (A35 / W7)	кВт	6,74
COP, ном.		5,2
8COP, сезонний.		4,24
Електроживлення	В/Ф/Гц	220/1/50
Робочий діапазон температур зовнішнього повітря	°C	-25°C+40°C

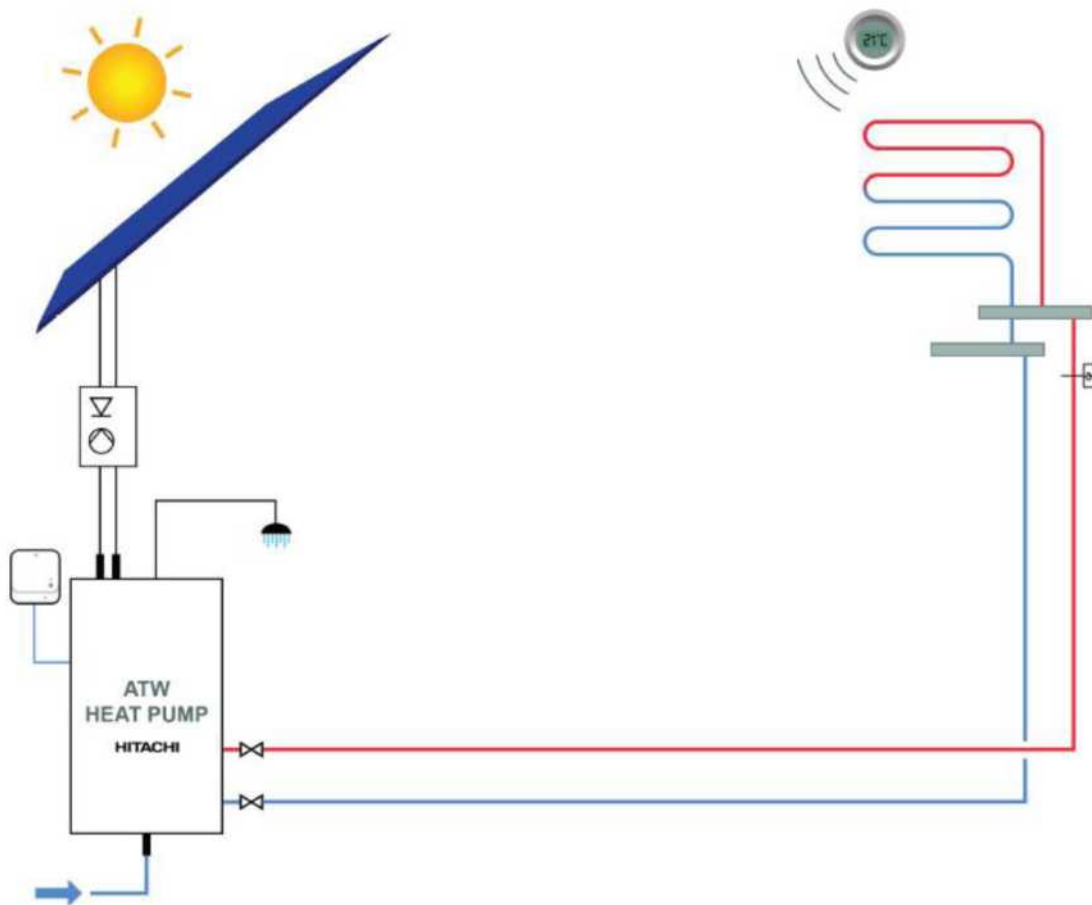


Рисунок 2.24 - Гідравлічна схема підключення ТН «HITACHI YOUTAKIS Combi»

На рисунку 2.25 представлено залежність температури теплоносія на виході з теплового насосу до системи опалення від зовнішньої температури, а на рисунку 2.26 - графік коливання середньомісячних значень клімату для моделювання споживання теплового насосу. Рисунок 2.27 демонструє залежність теплопродуктивності та споживання теплового насосу від зовнішніх температур та зафіксованої кількості годин даних температур. Для покриття тепловтрат при розрахунковій температурі необхідна теплова потужність ТН представлена у вигляді лінійної залежності. Сумарна продуктивність ТН (включаючи режим відтайки) при змінній частоті компресора представлена графіком нижче.

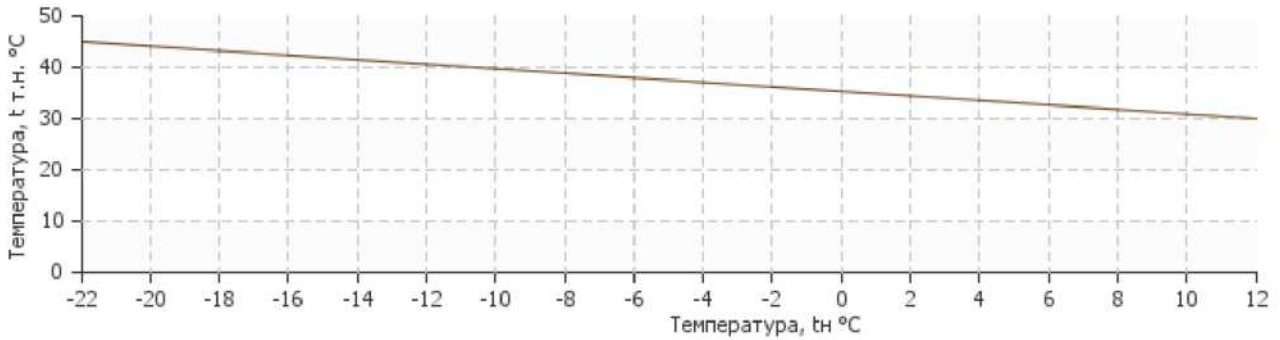


Рисунок 2.25 - Графік залежності погодного регулювання теплого насосу

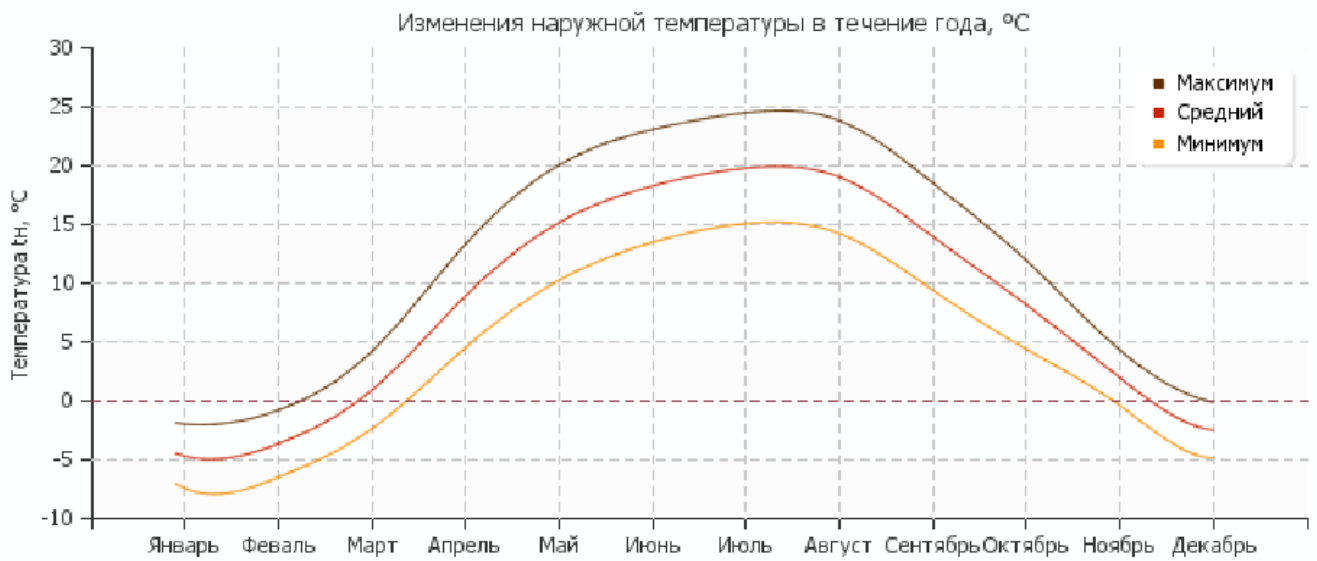


Рисунок 2.26 - Графік коливання середньомісячних значень клімату для моделювання споживання теплого насосу

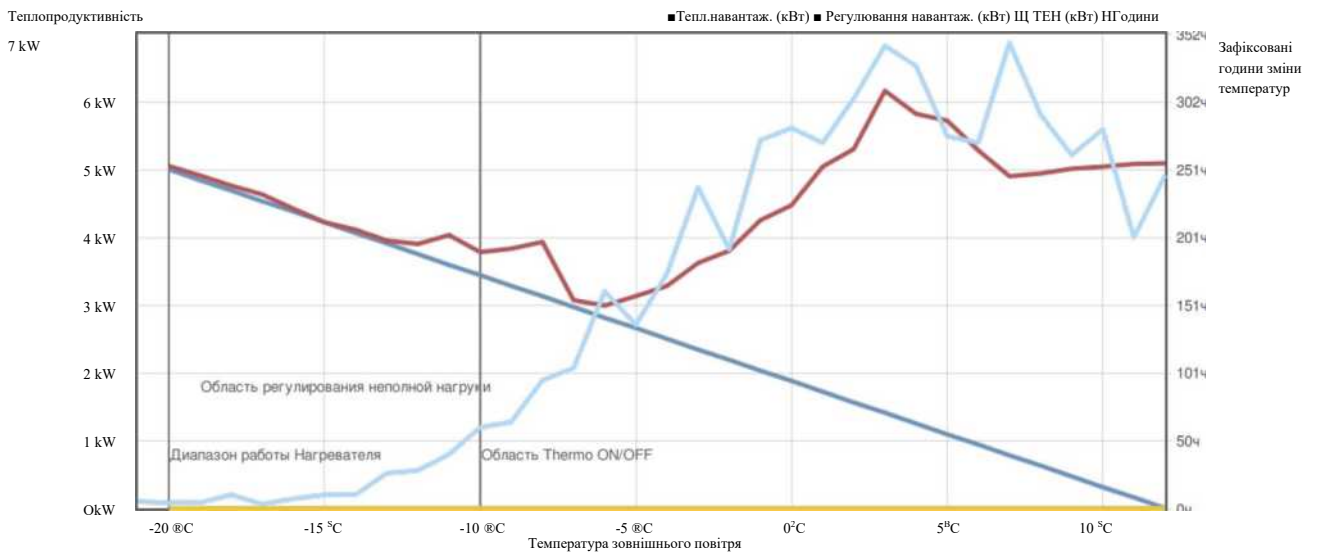


Рисунок 2.27 - Режими споживання енергії тепловим насосом

Точно забезпечуючи енергопотребу будинку в опаленні та ГВП, більшість часу агрегат буде працювати з неповним навантаженням [34]. Якщо теплове навантаження нижче мінімальної частоти роботи компресора ТН, агрегат постійно працюватиме в режимі ON/OFF. Результати моделювання зведені до таблиці 2.9.

Отже за результатами моделювання роботи теплового насосу отримали необхідні показники для техніко-економічного розрахунку даної технології, та визначили загальне річне споживання електричної енергії тепловим насосом, що складає 2965,24 кВтгод, що відповідає 23,72 кВтгод/м² при роботі у всіх режимах споживання енергії агрегатом, та задовольняє параметрам внутрішнього мікроклімату в будинку.

Таблиця 2.9 - Моделювання режимів роботи системи опалення та ГВП

Характеристика	Позначення	Од. вимір.	Значення
Розрахункове навантаження		кВт	5
Розрахункова температура	$t_{роз.}$	° С	-20
Температура без навантаження	$t_{б/н}$	° С	12
Область регулювання частотного навантаження	$Q_{рег.спож.}$	кВтгод	2946,91
	$T_{рег.спож.}$	годин	263
Навантаження на ГВП	$Q_{гвп}$	кВтгод	2133,43
Навантаження в режимі ON/OFF	$Q_{on/off.}$	кВтгод	6091,87
	$T_{on/off.}$	годин	4832
Сумарна теплопродуктивність опалення	CAP	кВтгод	9038,7
Споживання е.е ТН на опалення	$W_{спож.опал.}$	кВтгод	2131,7
Сезонний COP	SCOP		4,24
Річний час роботи обладнання	$T_{рік.}$	годин	5095
Сумарна теплопродуктивність на ГВП	$Q_{гвп}$	кВтгод	2133,4
Споживання е.е ТН на ГВП	$W_{спож.гвп.}$	кВтгод	833,46
Сезонний COP при роботі на ГВП	SCOP _{ГВП}		2,56

Інформація рисунків 2.28 і 2.29 дає змогу щомісячно прогнозувати режими споживання теплової та електричної енергії.

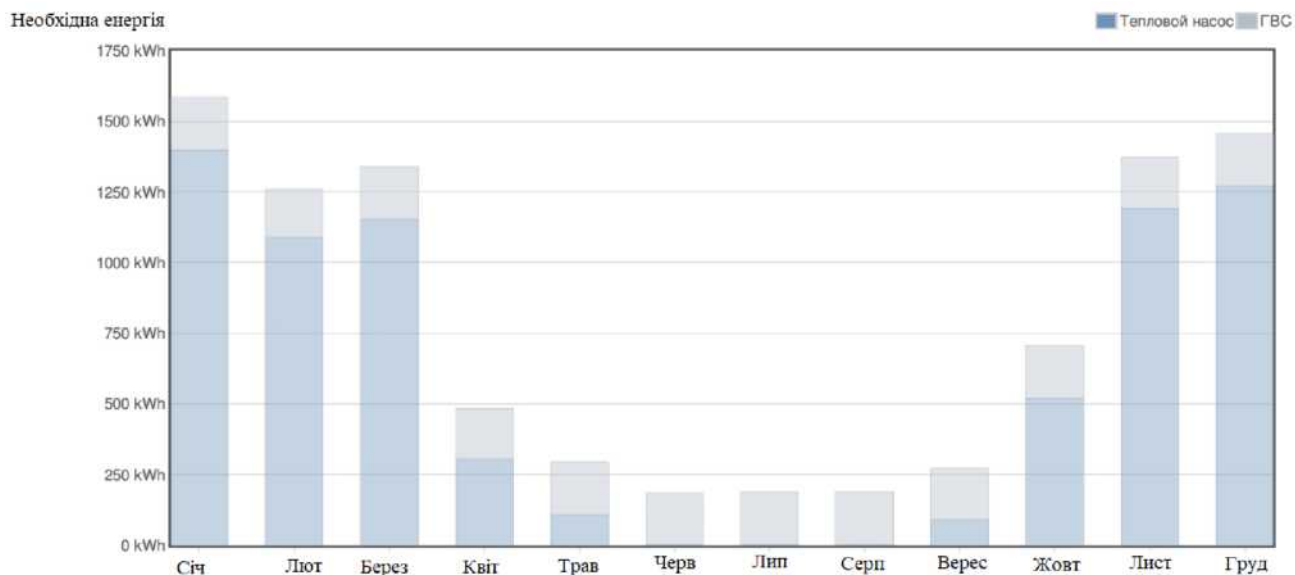


Рисунок .28 - Динаміка теплопродуктивності ТН

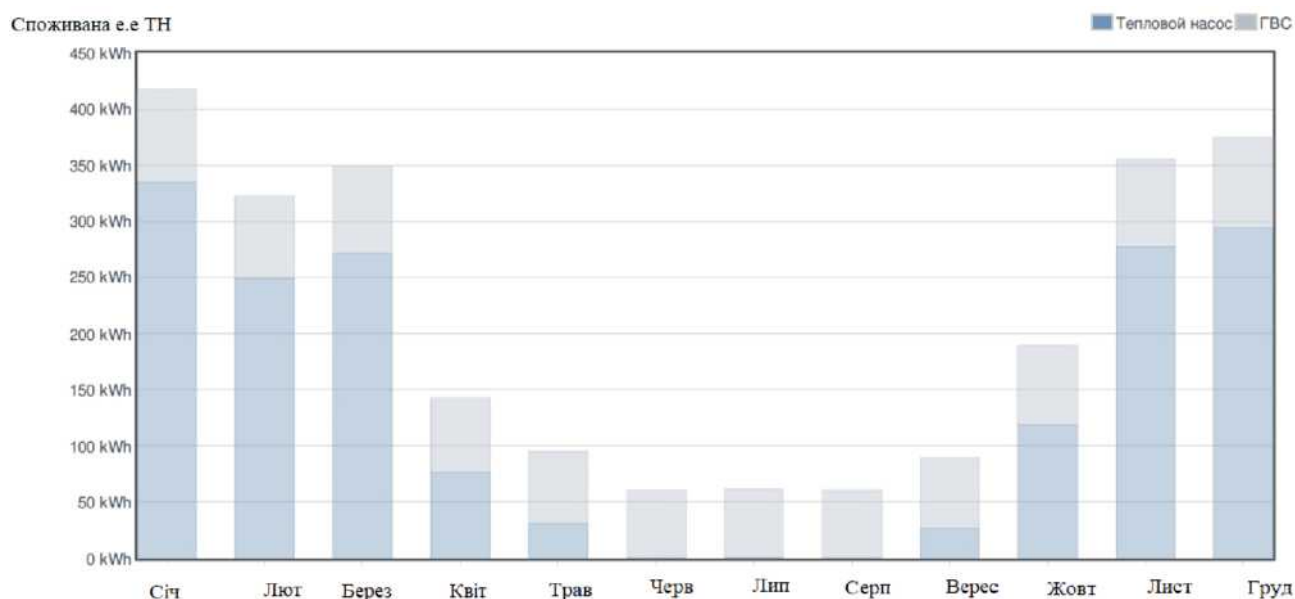


Рисунок 2.29 - Динаміка споживання електроенергії ТН

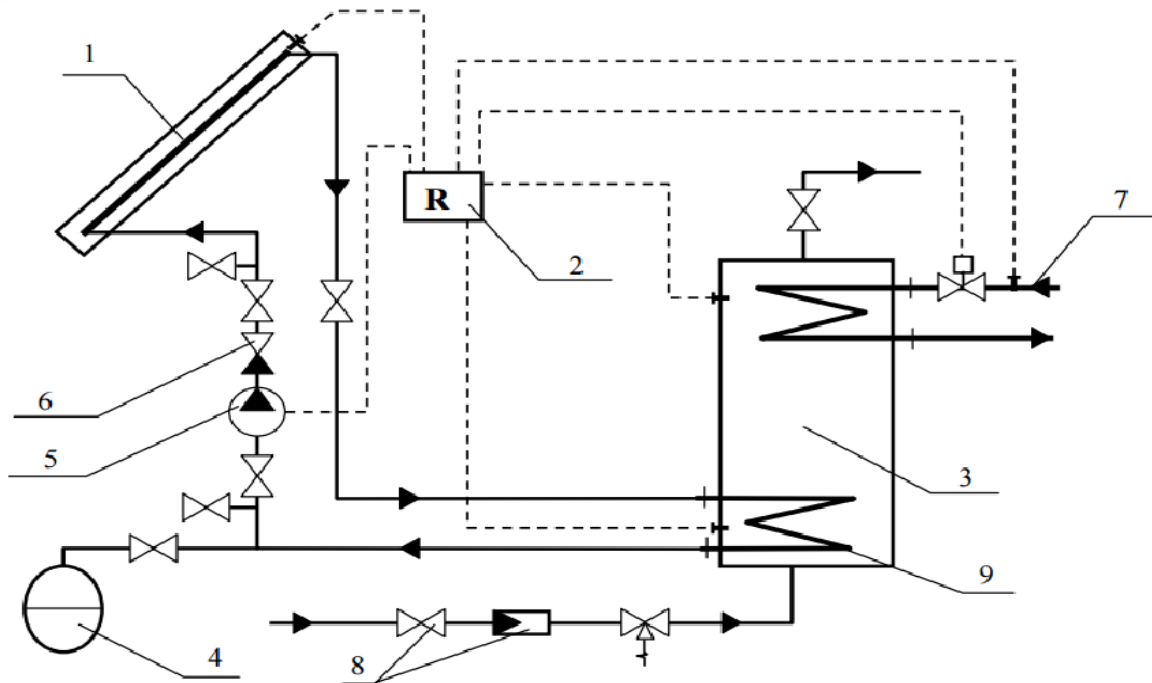
2.6.2 Визначення ефективності сонячного колектора

Основними елементами двоконтурної системи сонячного теплопостачання є високоселективний сонячний колектор і бак-акумулятор (рис. 2.30) [35]. В

первинному сонячному контурі циркулює теплоносій (пропіленгліколь). Він складається з таких основних елементів: СК, бак-акумулятор з теплообмінником і циркуляційний насос. У вторинному (водяному) контурі рухається вода в баку-акумуляторі. Через вбудований в бак теплообмінник воді передається сонячна енергія, що накопичена теплоносієм у первинному контурі. Сонячні промені нагрівають мідні трубки абсорбера сонячного колектора 1, у яких циркулює теплоносій. Циркуляційний насос 5 автоматично включається, якщо різниця температур між температурою теплоносія і води у нижній частині бака, перевищує встановлене значення на контролері. За допомогою теплообмінника 9 бака - акумулятора 3 сонячна енергія, сприйнята теплоносієм, передається воді. За рахунок різниці щільностей (природної конвекції) нагріта вода піднімається у верхню частину бака-акумулятора, де відбувається водозабір. При перевищенні встановленої на регуляторі температури води у верхній частині бака-акумулятора, контролер відключає циркуляційний насос 5. Для запобігання збільшення тиску в замкненому контурі (при нагріванні, теплоносій розширюється) передбачений розширювальний бак 4. Це закрита посудина, де повітряний об'єм відділений від рідинного (теплоносія) мембраною. У повітряному об'ємі посудини встановлюється тиск на рівні 0,15 МПа. Рециркуляції теплоносія запобігає зворотній клапан 6. На випадок недостатньої кількості сонячної енергії у системі передбачено додатковий нагрів води - теплообмінник 7 - від системи центрального тепlopостачання. Для заповнення сонячного контуру теплоносієм служить запірна арматура 8.

Технічні характеристики пропонованої системи сонячного тепlopостачання: загальна площа поверхні колектора - 2 м², робоча площа поверхні абсорбера - 1.87 м². Абсорбер з пучком паралельних труб, високоселективне покриття BlueTec Eta Plus (коефіцієнт випромінювання - 0,05, коефіцієнт поглинання - 0,95). Бак – акумулятор ємністю 260 літрів з подвійним емальованим покриттям з вбудованими теплообмінниками, теплоізолюваний

шаром мінеральної вати товщиною 15 см. Установка обладнана системою автоматики, на базі сонячного контролера СК 91.



1 - сонячний колектор; 2 - блок керування; 3 - бак-акумулятор; 4 - розширювальний бак; 5 - циркуляційний насос; 6 - зворотній клапан; 7 - додаткове джерело енергії - теплоцентраль; 8 - запірні арматура, 9 - теплообмінник.

Рисунок 2.30 - Принципова схема СК з примусовою циркуляцією та селективним абсорбером

Середньодобове навантаження на ГВП розраховується за формулою, кВт*годин:

$$Q_{ГВП}^{добове} = c \cdot m \cdot (t_{ГВП} - t_{ХВП}), = 4,17 \cdot 117,1 \cdot (53 - 10) = 5,839 \quad (2.6)$$

де c - теплоємність води, приймаємо 4,17 кДж/(кг*К);

m - масова витрата води, кг;

$t_{ГВП}$ - температура ГВП, приймаємо 55°C;

$t_{ХВП}$ - температура ХВП, приймаємо 10°C.

Відповідно річне навантаження на ГВП складе 2133,43 кВт*годин. Данні

щодо сонячної активності, згідно [3] інсоляція на похилу поверхню колектору за день (Вт/год) та середньоденної продуктивності колекторного поля (кВт-год/день) зведені до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 - Данні сонячної активності на похилій поверхні колектора та середньоденної продуктивності колекторного поля

Місяць	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>	<i>IV</i>	<i>V</i>	<i>VI</i>	<i>VII</i>	<i>VIII</i>	<i>IX</i>	<i>X</i>	<i>XI</i>	<i>XII</i>
Інсоляція, Вт/год	1.86	2.89	3.78	4.25	4.82	4.69	4.79	4.65	3.66	2.57	1.69	1.58
									Σ середнє значення	3,43		
Потужність, кВт-год/день	1,9	2,9	4	5,2	6,6	6,8	6,6	6,5	5,1	3,6	1,5	1,2
									Σ середнє значення	4,3		

В міжсезоння спостерігається зменшення сонячної активності та зменшення тривалості світлового дня, тому геліосистема не спроможна на 100% покрити навантаження на ГВП. В проекті треба передбачити гарантоване джерело теплової енергії, яке забезпечуватиме недоотриману від сонячної системи теплову енергію [36].

На рисунку 2.31 представлено середньомісячний графік та кругова діаграма заміщення теплового навантаження сонячними плоскими колекторами.

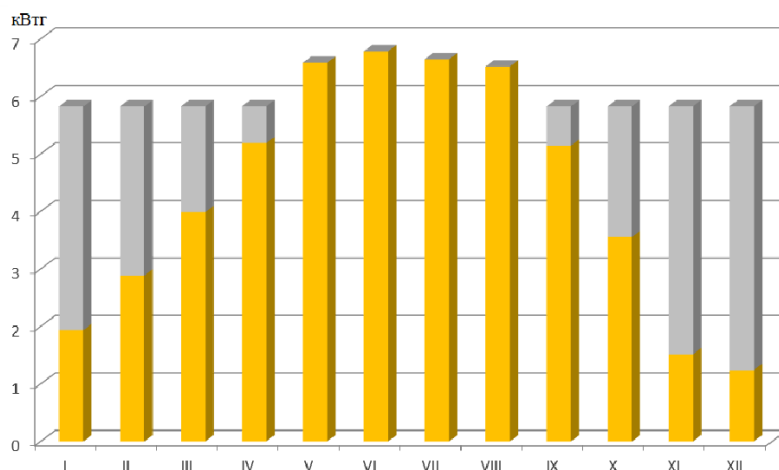


Рисунок 2.31 - Діаграма заміщення теплової енергії на потреби ГВП

Річна продуктивність колекторного поля для 1 сонячного плоского колектору типу СПК F4M, складає 1587 кВт-год. Нескладно розрахувати річне навантаження на гарантоване джерело ГВП $\Delta Q_{ГВП} = 2133,43 - 1587 = 546,43$ кВт - год.

Середньомісячні температури води в баку-акумуляторі, нагріті від геліоколекторного поля, що йдуть на потреби ГВП та відповідають санітарно гігієнічним нормам представлено на рисунку 2.32..

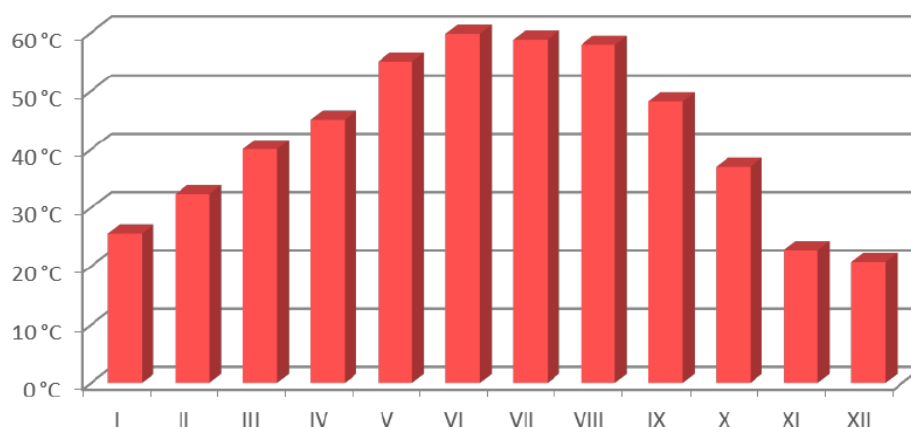


Рисунок 2.32 - Графік середньомісячної температури нагрітої води.

2.6.3 Використання геотермальної вентиляційної системи

За рахунок сонячної радіації, що надходить у верхні шари Землі, ґрунт поверхневих шарів є природним тепловим акумулятором. Верхні шари ґрунту також схильні до впливу сезонних коливань температур зовнішнього повітря. Крім цих складових, також властивості самого ґрунту впливають на його температуру. Нижче рівня промерзання (на глибині близько 3 м і більше) температура ґрунту протягом року практично не змінюється і приблизно дорівнює середньорічній температурі зовнішнього повітря. Взимку температура ґрунту на глибині 1,5 - 3,2 м складає від +5 до +7 °С, а влітку від +10 до +12 °С. В різних регіонах дані по температурним режимам ґрунтів можна знайти в спеціалізованих довідниках. За допомогою ґрунтового теплообмінника можна нагрівати припливне повітря в зимовий період до температури більш 0°С, а в

літній період охолодити до 18-20 °С.

Система геотермальної вентиляції являє собою теплообмінник типу «труба в трубі». (по внутрішній трубі рухається витяжне повітря, що видаляється з приміщення, по зовнішній трубі - припливне повітря з вулиці) [36]. Спирально навивні повітроводи виконані з нержавіючої сталі, мають високу теплопровідність і здійснюють першу високоефективну стадію рекуперації. Принцип дії простий - повітря, що подається в приміщення, нагрівається чи охолоджується (в залежності від сезону) за рахунок теплообміну з витяжним повітрям через стінку внутрішньої труби і геотермальної енергії ґрунту (рис. 2.33). Така конструкція ГТО дозволяє скоротити діаметр і довжину повітропроводів, розміщених в землі, визначають в залежності від витрати повітря, теплових характеристик матеріалів та рівня капітальних і експлуатаційних витрат.

Експлуатаційні витрати таких систем складаються з витрат на роботу припливно-витяжних вентиляторів і витрат на періодичну заміну фільтрів.

Ґрунтовий теплообмінник забезпечує охолодження припливного повітря у теплу пору року, коли зовнішнє повітря надходить через повітрозабірний пристрій в ГТО та охолоджується за рахунок ґрунту. Далі охоложене повітря подається по повітроводам в припливно-витяжну установку ВУТ, в якій на літній період замість рекуператора встановлена річна вставка. Таким чином, завдяки такому рішенню, відбувається зниження температури в приміщеннях, знижуються витрати електроенергії на кондиціонування, поліпшується мікроклімат в будинку.

Зовнішнє повітря у холодну пору року надходить через повітрозабірний пристрій в ГТО, прогрівається і далі надходить в припливно-витяжну установку ВУТ для подальшого нагріву в рекуператорі. Попередній нагрів повітря в ГТО сприяє зниженню ймовірності обмерзання рекуператора припливно-витяжної установки, збільшенню ефективного часу використання рекуперації та мінімізації

витрати на додатковий нагрів повітря в водяному/електричному нагрівачі.



Рисунок 2.33 - Схема геотермальної вентиляційної системи

Застосування концепції геотермальної вентиляційної системи треба закладати ще на стадії проектування будинку. В іншому випадку для встановлення даної системи потрібно зробити повну реконструкцію споруди в середині приміщень [37]. Це не є раціональним та економічно доцільним, тому в роботі описані тільки переваги даної технології перед іншими, що існують на ринку.

2.7 Економічна оцінка запропонованих методів підвищення енергоефективності

Одним з найважливіших етапів розробки проекту є фінансовий аналіз, за допомогою якого можна визначити інвестиційну привабливість проекту.

До початку впровадження будь якого енергозберігаючого проекту необхідно враховувати велику кількість факторів впливу. Найбільш важливо чітко сформулювати мету та завдання проекту, його переваги та недоліки, що значно впливає на доцільність його впровадження [38].

Крім того, потрібно проаналізувати ринок товарів чи послуг та порівняти можливі варіанти реалізації за декількома показниками, серед яких варто виділити термін окупності проекту та внутрішню норму прибутку.

Для достовірної оцінки економічних показників, ефективності та терміну окупності даного проекту проведемо фінансово-економічні розрахунки. Результатами стануть такі показники, як простий та динамічний терміни окупності, дисконтовані витрати та вигоди, чиста приведена вартість та внутрішня норма прибутку.

Визначимо вихідні дані для фінансової оцінки енергозберігаючого проекту. Раніше, в пунктах 2.4 та 2.5 ми розраховували річну економію споживання електричної енергії та економію експлуатаційних витрат:

$$\Delta Q = \Delta Q_{\text{опал.}} + \Delta Q_{\text{ГВПІ}} = 6907 + 1587 = 8494 \text{ кВт} * \text{год/сезон},$$

$$\Delta E = 14269,92 \text{ грн/сезон.}$$

Розрахуємо капітальні витрати на введення в експлуатацію, за формулою:

$$KB = V_{\text{обл.}} + V_{\text{проекту}} + V_{\text{доставка}} + V_{\text{монтаж}} + V_{\text{пусконаладка}}, \quad (2.7)$$

де KB - капітальні витрати по проекту;

$V_{\text{обл.}}$ - вартість обладнання, приймаємо 205 429 грн.;

$V_{\text{проекту}}$ - вартість проектних робіт, складає 4000 грн.;

$V_{\text{доставка}}$ - вартість доставки обладнання, транспортні витрати 800 грн.;

$V_{\text{монтаж}}$ - вартість монтажних робіт, закладаємо 10000 грн.;

$V_{\text{пусконаладка}}$, - вартість пусконаладжувальних робіт, коштує 1100 грн.

Підставивши до формули (2.7), відповідні дані отримаємо:

$$KB = 205429 + 4000 + 800 + 10000 + 1100 = 221\,329 \text{ грн.}$$

Розраховуємо експлуатаційні витрати, при реалізації проекту, по формулі :

$$EB = (\Delta W_{\text{спож.опал.}} + \Delta W_{\text{спож.ГВП}}) C_{e/ei}. \quad (2.8)$$

де EB - експлуатаційні витрати по проекту;

$\Delta W_{\text{спож.опал}}$ - експлуатаційні витрати електроенергії на опалення, складають 2131,78 кВт-годин;

$\Delta W_{\text{спож.ГВП}}$ - експлуатаційні витрати електроенергії на ГВП, приймаємо 546,43 кВт-годин;

$C_{e/ei}$ - вартість електроенергії за нічним тарифом, складає 0,9 грн./кВт-годину.

Підставивши до формули (2.8) відповідні дані, отримаємо:

$$EB = (2131,78 + 546,43) * 0,9 = 2410,389 \text{ грн/сезон.}$$

Амортизаційні відрахування від вартості обладнання зазвичай складають 2%, що еквівалентно 4108,58 грн. Ставку дисконтування в розрахунках наразі закладаємо 12%; Часовий горизонт планування (термін життєдіяльності) проекту - 25 років.

Розрахунок чистої приведеної вартості (ЧПВ) та внутрішньої норми прибутку (ВНП проекту).

Метод, в якому враховується тимчасова вартість грошей, є розрахунок чистої приведеної вартості (ЧПВ). У такому методі оцінки враховуються вигоди

від проекту на всьому протязі його життя. Він дозволяє підстроювати|підбудувати| майбутні вигоди під поточну вартість грошей. Майбутній рух готівки приводиться|призводиться,наводиться| (дисконтується) до моменту оцінки проекту.

Для розрахунку чистої приведеної вартості проекту необхідно визначити ставку дисконту (в нашому випадку 12%), використати її для дисконтування потоків витрат та вигід і підсумувати дисконтовані вигоди й витрати.

Основна перевага ЧПВ полягає в тому, що вона враховує вартість грошей в часі, розрахунки провадяться на основі дисконтованих грошових потоків, а не чистих доходів. Окрім того, ефективність головного проекту можна оцінити шляхом підсумовування ЧПВ його окремих підпроектів.

Поточна вартість майбутніх доходів і витрат обчислюється за формулою::

$$PV = FV/(1+r)^n \quad (2.9)$$

де PV - приведена вартість;

FV - сума до отримання в майбутньому;

r - процентна ставка (виражена у вигляді пропорції, напр., 0.1 = 10%);

n - кількість років.

Коефіцієнт дисконтування - $K = 1/(1 + r)^n$ не потрібно обчислювати кожного разу. Є спеціальні таблиці і більшість комп'ютерних програм їх містять. Відповідні коефіцієнти дисконтування застосовуються для приведення потоку готівки і суми, що щорічно дисконтуються, складаються, щоб дати чисту приведену вартість, а для того, щоб проект виглядав привабливо, ЧПВ повинна бути більше нуля.

Метод розрахунку ЧПВ показує, чи заробляє інвестиція більше (позитивна ЧПВ) або менше (негативна ЧПВ), чим передбачено наміченим темпом повернення. Норма прибутковості, яка приводить ЧПВ до нуля, відома під

назвою внутрішньої норми прибутковості (ВНП) і може використовуватися при порівнянні проектів. Чим вища ВНП, тим привабливіше проект.

Для того, щоб визначити ВНП, необхідно одержати разом з позитивною ЧПВ також і негативне значення ЧПВ. А для цього потрібно проводити розрахунки при ставці дисконту, що все збільшується.

Визначення ВНП проводиться за формулою:

$$\hat{A} \hat{V} = \hat{A} + \frac{\hat{a} \cdot (\hat{A} - \hat{A})}{\hat{a} - \hat{a}} \quad (2.10)$$

де \hat{A} — величина ставки дисконту, при якій ЧПВ позитивна;

\hat{B} — величина ставки дисконту, при якій ЧПВ негативна;

\hat{a} — величина позитивної ЧПВ, при величині ставки дисконту \hat{A} ;

\hat{b} — величина ЧПВ, при величині ставки дисконту \hat{B} .

При застосуванні ВНП виникають такі труднощі:

— якщо зміна знаку ЧПВ відбувається більше одного разу на протязі часового горизонту, то неможливо дати однозначну оцінку ВНП проектів;

— якщо порівнюються проекти різного масштабу, то при аналізі ВНП не завжди узгоджується з ЧПВ;

— якщо альтернативні проекти відмінного масштабу, різної тривалості та неоднакових часових проміжків, то застосування ВНП неможливе для вибору оптимального.

Визначимо кумулятивний грошовий потік в 0-му році. Він рівний грошовому потоку в 0-му році:

$$CF_0^{\hat{a}} = CF_0 \quad (2.11)$$

Кумулятивний грошовий потік для наступних років розраховується за наступною формулою:

$$CF_{0i}^{éóì} = CF_{(i-1)}^{éóì} + CF_i \quad (2.12)$$

Дисконтований грошовий потік визначається за наступною формулою:

$$CF^D = CF \cdot K_i \quad (2.13)$$

Дисконтований кумулятивний грошовий потік в 0-му році рівний дисконтованому грошовому потоку в 0-му році:

$${}_0 = CF^D_0 \cdot K_i \quad (2.14)$$

Дисконтований кумулятивний грошовий потік для наступних років розраховується за наступною формулою:

$$CF_{éóì}^{\bar{A}} \cdot {}_0i = CF_{éóì}^{\bar{A}} \cdot {}_{(i-1)} + CF_i^{\bar{A}} \quad (2.15)$$

Доцільніше за все вихідні дані та результати розрахунку представити у вигляді звідних таблиць (табл. 2.11, 2.12), які наглядно ілюструють послідовність розрахункових дій.

Простий термін окупності.

Найбільш простий метод оцінки проекту - це розрахунок повернення грошей [39]. Це просто період часу, в перебігу якого вигоди від проекту стануть рівними витратам на проект. Період повернення грошей можна виразити таким чином:

$$P = C/S$$

де P - період повернення грошей (років);

C - загальна вартість проекту (грн.);

S - вигоди від проекту (грн./рік).

Отже, чим коротший період повернення грошей, тим привабливіше проект. Такий метод оцінки є найбільш часто використовуваним при експертизі проектів, оскільки він відрізняється простотою розрахунку та доступністю.

Таблиця 2.11- Динаміка грошових потоків

Рік	КВ, грн	Вигоди, грн	CF	CF _{кумуля.}	Ki	CF ^t	CF ^t _{кумуля.}
0	(UAH 221 329,00)			(UAH 221 329,00)	1,000	(UAH 221 329,00)	(UAH 221 329,00)
1		UAH 14 269,92	UAH 14 269,92	(UAH 207 059,08)	0,893	UAH 12 741,00	(UAH 208 588,00)
2		UAH 15 696,91	UAH 15 696,91	(UAH 191 362,17)	0,797	UAH 12 513,48	(UAH 196 074,52)
3		UAH 17 266,60	UAH 17 266,60	(UAH 174 095,56)	0,712	UAH 12 290,03	(UAH 183 784,49)
4		UAH 18 993,26	UAH 18 993,26	(UAH 155 102,30)	0,636	UAH 12 070,56	(UAH 171 713,93)
5		UAH 20 892,59	UAH 20 892,59	(UAH 134 209,71)	0,567	UAH 11 855,02	(UAH 159 858,91)
6		UAH 22 981,85	UAH 22 981,85	(UAH 111 227,86)	0,507	UAH 11 643,32	(UAH 148 215,59)
7		UAH 25 280,03	UAH 25 280,03	(UAH 85 947,83)	0,452	UAH 11 435,40	(UAH 136 780,19)
8		UAH 27 808,04	UAH 27 808,04	(UAH 58 139,79)	0,404	UAH 11 231,20	(UAH 125 548,99)
9		UAH 30 588,84	UAH 30 588,84	(UAH 27 550,95)	0,361	UAH 11 030,64	(UAH 114 518,35)
10		UAH 33 647,72	UAH 33 647,72	UAH 6 096,77	0,322	UAH 10 833,67	(UAH 103 684,68)
11		UAH 37 012,50	UAH 37 012,50	UAH 43 109,27	0,287	UAH 10 640,21	(UAH 93 044,47)
12		UAH 40 713,75	UAH 40 713,75	UAH 83 823,02	0,257	UAH 10 450,20	(UAH 82 594,27)
13		UAH 44 785,12	UAH 44 785,12	UAH 128 608,14	0,229	UAH 10 263,59	(UAH 72 330,67)
14		UAH 49 263,63	UAH 49 263,63	UAH 177 871,77	0,205	UAH 10 080,32	(UAH 62 250,36)
15		UAH 54 190,00	UAH 54 190,00	UAH 232 061,77	0,183	UAH 9 900,31	(UAH 52 350,05)
16		UAH 59 609,00	UAH 59 609,00	UAH 291 670,77	0,163	UAH 9 723,52	(UAH 42 626,53)
17		UAH 65 569,90	UAH 65 569,90	UAH 357 240,67	0,146	UAH 9 549,88	(UAH 33 076,64)
18		UAH 72 126,89	UAH 72 126,89	UAH 429 367,55	0,130	UAH 9 379,35	(UAH 23 697,29)
19		UAH 79 339,58	UAH 79 339,58	UAH 508 707,13	0,116	UAH 9 211,86	(UAH 14 485,43)
20		UAH 87 273,53	UAH 87 273,53	UAH 595 980,66	0,104	UAH 9 047,36	(UAH 5 438,07)
21		UAH 96 000,89	UAH 96 000,89	UAH 691 981,55	0,093	UAH 8 885,80	UAH 3 447,74
22		UAH 105 600,97	UAH 105 600,97	UAH 797 582,52	0,083	UAH 8 727,13	UAH 12 174,87
23		UAH 116 161,07	UAH 116 161,07	UAH 913 743,59	0,074	UAH 8 571,29	UAH 20 746,16
24		UAH 127 777,18	UAH 127 777,18	UAH 1 041 520,77	0,066	UAH 8 418,23	UAH 29 164,39
25		UAH 140 554,90	UAH 140 554,90	UAH 1 182 075,67	0,059	UAH 8 267,90	UAH 37 432,29
	Ставка дисконтування	12,00%			ЧПВ	UAH 37 432,29	

В нашому випадку (табл. 2.11) кумулятивний грошовий потік міняє знак з «мінуса» (-27 550,95 грн.) на девятому році на «плюс» UAH (+6 096,77 грн.) на десятому році. Отже, неважко пропорційно розрахувати простий термін окупності - він становитиме 9 років 8 місяців.

Динамічний термін окупності, який враховує вартість грошей протягом часу, визначається на основі дисконтованого кумулятивного грошового потоку. Його розрахунок проводимо аналогічно: «мінус» (-5 438,07 грн.) на двадцятому році на «плюс» UAH (+3 447,74 грн.) на двадцять першому році. Таким чином,

динамічний термін окупності складає 20 років 7 місяців.

Хоча проект і має великий термін окупності - близько 20 років, при горизонті планування проекту 25 років, він не є збитковим - чиста приведена вартість проекту (ЧПВ) становить 37432,29 грн. при ставці дисконту 12 %.

Для визначення внутрішньої норми прибутковості (ВНП) приймемо ставку дисконту 20% та проведемо повторне обчислення грошових потоків за формулами 2.11 - 2.15. Наша мета—зробити ЧПВ негативною. Розрахунки зведемо до таблиці 2.12.

Таблиця 2.12- Динаміка грошових потоків

Рік	КВ, грн	Вигоди, грн	CF	Ку [^]	Кі	CFдиск	Ку [^] диск
0	(UAH 221 329,00)			(UAH 221 329,00)	1,000	(UAH 221 329,00)	(UAH 221 329,00)
1		UAH 14 269,92	UAH 14 269,92	(UAH 207 059,08)	0,833	UAH 11 891,60	(UAH 209 437,40)
2		UAH 15 696,91	UAH 15 696,91	(UAH 191 362,17)	0,694	UAH 10 900,63	(UAH 198 536,77)
3		UAH 17 266,60	UAH 17 266,60	(UAH 174 095,56)	0,579	UAH 9 992,25	(UAH 188 544,52)
4		UAH 18 993,26	UAH 18 993,26	(UAH 155 102,30)	0,482	UAH 9 159,56	(UAH 179 384,96)
5		UAH 20 892,59	UAH 20 892,59	(UAH 134 209,71)	0,402	UAH 8 396,26	(UAH 170 988,70)
6		UAH 22 981,85	UAH 22 981,85	(UAH 111 227,86)	0,335	UAH 7 696,57	(UAH 163 292,12)
7		UAH 25 280,03	UAH 25 280,03	(UAH 85 947,83)	0,279	UAH 7 055,19	(UAH 156 236,93)
8		UAH 27 808,04	UAH 27 808,04	(UAH 58 139,79)	0,233	UAH 6 467,26	(UAH 149 769,67)
9		UAH 30 588,84	UAH 30 588,84	(UAH 27 550,95)	0,194	UAH 5 928,32	(UAH 143 841,35)
10		UAH 33 647,72	UAH 33 647,72	UAH 6 096,77	0,162	UAH 5 434,30	(UAH 138 407,05)
11		UAH 37 012,50	UAH 37 012,50	UAH 43 109,27	0,135	UAH 4 981,44	(UAH 133 425,61)
12		UAH 40 713,75	UAH 40 713,75	UAH 83 823,02	0,112	UAH 4 566,32	(UAH 128 859,29)
13		UAH 44 785,12	UAH 44 785,12	UAH 128 608,14	0,093	UAH 4 185,79	(UAH 124 673,50)
14		UAH 49 263,63	UAH 49 263,63	UAH 177 871,77	0,078	UAH 3 836,98	(UAH 120 836,53)
15		UAH 54 190,00	UAH 54 190,00	UAH 232 061,77	0,065	UAH 3 517,23	(UAH 117 319,30)
16		UAH 59 609,00	UAH 59 609,00	UAH 291 670,77	0,054	UAH 3 224,13	(UAH 114 095,18)
17		UAH 65 569,90	UAH 65 569,90	UAH 357 240,67	0,045	UAH 2 955,45	(UAH 111 139,73)
18		UAH 72 126,89	UAH 72 126,89	UAH 429 367,55	0,038	UAH 2 709,16	(UAH 108 430,57)
19		UAH 79 339,58	UAH 79 339,58	UAH 508 707,13	0,031	UAH 2 483,40	(UAH 105 947,17)
20		UAH 87 273,53	UAH 87 273,53	UAH 595 980,66	0,026	UAH 2 276,45	(UAH 103 670,72)
21		UAH 96 000,89	UAH 96 000,89	UAH 691 981,55	0,022	UAH 2 086,74	(UAH 101 583,98)
22		UAH 105 600,97	UAH 105 600,97	UAH 797 582,52	0,018	UAH 1 912,85	(UAH 99 671,13)
23		UAH 116 161,07	UAH 116 161,07	UAH 913 743,59	0,015	UAH 1 753,44	(UAH 97 917,69)
24		UAH 127 777,18	UAH 127 777,18	UAH 1 041 520,77	0,013	UAH 1 607,32	(UAH 96 310,36)
25		UAH 140 554,90	UAH 140 554,90	UAH 1 182 075,67	0,010	UAH 1 473,38	(UAH 94 836,98)
		Ставка дисконтування	20,00%		ЧПВ	(UAH	94 836,98)

Тепер, маючи як позитивну (37432,29 грн. при ставці дисконту 12 %), так і негативну (-94 836,98 грн. при ставці дисконту 20 %) ЧПВ, можемо за формулою 3.9 обчислити внутрішньої норми прибутковості:

$$\text{ВНП} = 12 + (37432,29 * (20-12)) / (37432,29 - (-94 836,98)) = 14,26 \%$$

Таким чином, проект є доцільним та в міру ефективним, таким, що задовольняє всім фінансовим показникам. Основні вигоди за проектом: дотримання санітарних норм в приміщенні, можливість регулювання системи опалення, скорочення споживання енергії на рівні 75%.

2.8 Фактори невизначеності і ризику проекту

Значення деяких чинників не контролюються на даному етапі проектування по модернізації інженерних систем в житловому будинку, вони не можуть бути визначені достатньо надійно або можуть змінюватися.

Тому для урахування факторів невизначеності і ризиків проекту проведено аналіз чутливості основних економічних показників ефективності проекту, до варіацій таких параметрів, Будемо оцінювати коливання значень внутрішньої норми рентабельності (ВНП) та чистої приведеної вартості (ЧПВ).

Аналіз чутливості проведемо на основі залежності економічних показників проекту (ВНП та ЧПВ). від зміни параметрів проекту в діапазоні $\pm 30\%$ з кроком 10%. Розраховано вплив на ЧПВ та ВНП наступних параметрів проекту: зміна ставки дисконтування, вартість капітальних вкладень; зміни тарифу на теплову енергію.

Алгоритм розрахунку описаний вище (п. 2.9), результати розрахунків чутливості зведені в таблиці 2.13. Рисунки 3.14 і 3.15 демонструють графіки залежності, ВНП та ЧПС від змін розглянутих параметрів проекту.

Інформацію щодо чутливості проекту до змінних факторів графічно представлено на рисунках 2.34 та 2.35.

Аналізуючи поведінку внутрішньої норми прибутковості з рисунку 2.34, можна зробити наступні висновки: ВНП прямо пропорційно залежить від економії енергії. При збільшенні обсягу економії теплової енергії від впровадження проекту ВНП збільшиться, що підвищить економічну привабливість проекту. І, навпаки, економічна привабливість проекту знижується

в разі падіння обсягу економії теплової енергії. В цілому зміна обсягу економії енергії в діапазоні $\pm 30\%$ не є критичним для економічної привабливості проекту.

Таблиця 2.13 - Розрахунок чутливості проекту до зміни капітальних витрат, тарифу та ставки дисконтування

Діапазон зміни	KB	NPV	IRR	Вигоди	NPV	IRR	i	NPV	IRR
%	грн	грн	%	грн	грн	%	%	грн	%
-30,00%	154930,3	92 706,24	17%	9 988,94	-67058,34	8%	2	758229,95	0%
-20,00%	177063,2	72 944,72	16%	11 415,94	-47782,37	9%	6	299644,54	-3%
-10,00%	199196,1	53 183,21	15%	12 842,93	-28506,39	10%	10	89170,33	-7%
0,00%	221329	33 421,69	14%	14 269,92	33421,69	12%	14	-13640,16	-10%
10,00%	243461,9	13660,17	13%	15 696,91	10045,56	13%	18	-66689,72	-13%
20,00%	265594,8	(6 101,35)	12%	17 123,90	29321,54	14%	22	-95284,69	-16%
30,00%	287727,7	(25 862,87)	11%	18 550,90	48597,51	15%	26	-111137,51	-19%

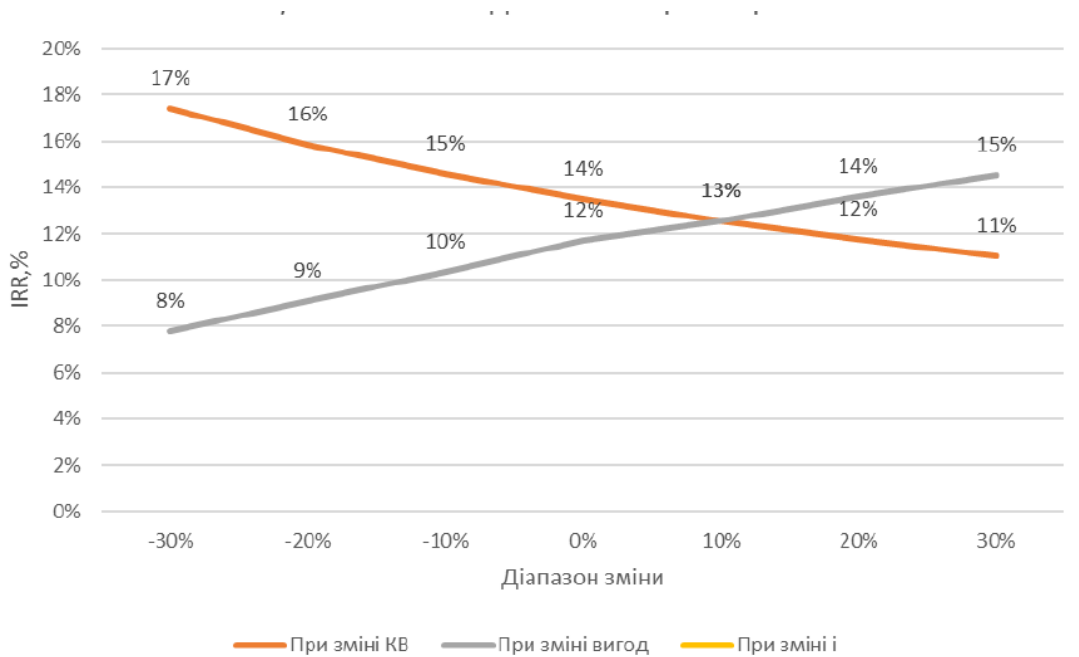


Рисунок 2.34 - Залежність ВВП від зміни параметрів проекту

Також, значення ВВП обернено пропорційно залежить від розміру капітальних вкладень. Коли вартість капітальних витрат для впровадження проекту збільшується, то внутрішня норма прибутковості зменшується. Цн

негативно впливає на економічну привабливість проекту. Натомість, при зниженні вартості капітальних вкладень, економічна привабливість проекту позитивна. В заданих межах проект характеризується як стійкий до коливання інвестицій в діапазоні $\pm 30\%$ відносно значення внутрішньої норми рентабельності.

Аналіз поведінки чистої приведеної вартості (рис. 2.35): значення ЧПВ прямо пропорційно залежить від зміни обсягу економії енергії. Іншими словами при збільшенні обсягу економії енергії від впровадження проекту, ЧПВ збільшиться, і економічна привабливість проекту буде позитивно. У випадку зниження обсягу економії енергії ЧПВ зменшується, що негативно відобразиться на економічній привабливості проекту.

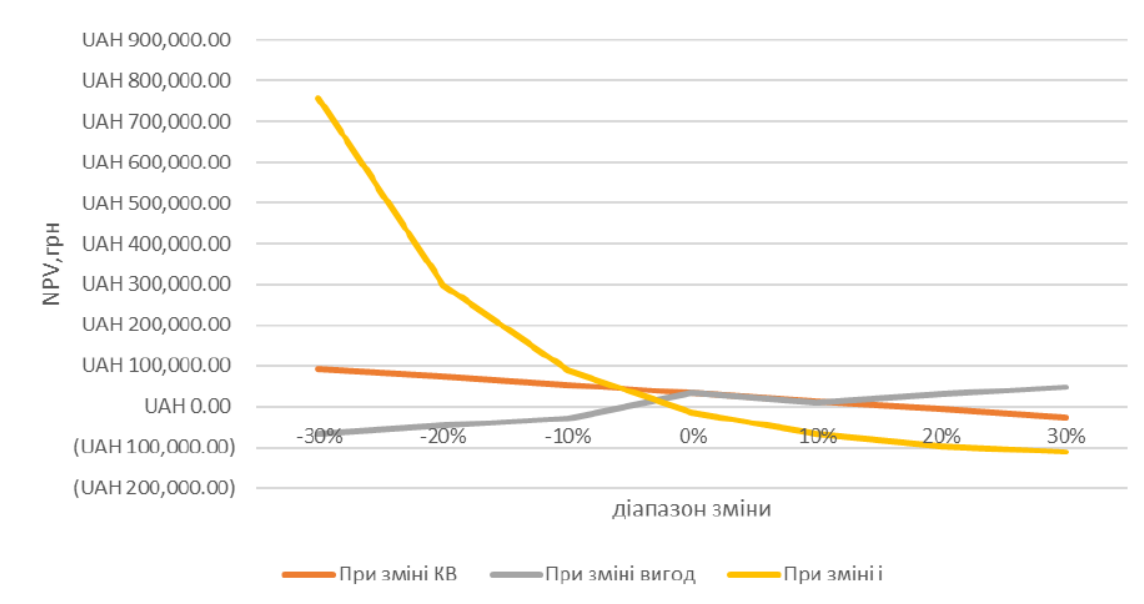


Рисунок 2.35 – Залежність ЧПВ від зміни параметрів проекту

Крім того, значення ЧПВ обернено пропорційно залежить від зміни вартості капітальних витрат. У випадку збільшення необхідних інвестицій по проекту ЧПВ зменшиться, що знизить економічну привабливість проекту. В свою чергу, зниження вартості капітальних вкладень підвищують економічну привабливість проекту.

Колівання вартості інвестицій в діапазоні $\pm 30\%$ призведе до суттєвої зміни значення ЧПВ, що може критично вплинути на ринкову конкурентоздатність

проекту [40].

2.9 Висновки по розділу 2

В експериментальній частині магістерської роботи було розглянуто методи оцінки споживання теплової та електричної енергії житловим будинком. Досліджено та проаналізовано графіки споживання електричної енергії побутовими електроприладами в будинку, що впливають на загальне електроспоживання будинку. Визначено попит електроенергії на опалення та ГВП. Виконано теплотехнічний розрахунок, коефіцієнтів теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій. На основі отриманих даних був змодельований попит будинку в тепловій енергії на опалення. Окремо було проведено моделювання процесів попиту електроенергії на потреби ГВП. Визначено загальний базовий рівень енергоспоживання житловим будинком (89 кВт-год/м² опалювальної площі). До впровадження запропонованих рішень досліджуваній будинок за фактичним станом інженерних систем при класифікації можна було віднести до категорії енергоощадності житлових будинків «Будівля низького споживання енергії».

Попередні дослідження дали змогу оцінити заміну інженерного обладнання будинку на сучасні енергоефективні рішення та приблизити будинок до «Концепції пасивного будинку».

Було запропоновано дві технології, що надали можливість зменшити споживання енергії на опалення та ГВП будинку більш ніж вчетверо (з 89 кВтгод/м² до 21,42 кВтгод/м²). Було проведено моделювання подальшої техніко-економічної оцінки результатів дослідження.

Аналіз техніко-економічних показників підтвердив оптимальність обраного типу інженерного обладнання та енергозабезпечення будинку з точки зору його теплотехнічних показників.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих чинників, що можуть виникати при обслуговуванні системи енергопостачання будинку

Причиною нещасних випадків, що трапляються через використання несправного електроустаткування насамперед є недотримання правил з техніки безпеки [42].

Аналіз шкідливих факторів при експлуатації електрообладнання.

При використанні абсолютно будь-якого електроустаткування дуже важливим є дотримання правил техніки безпеки. Не можна нехтувати будь-якими несправностями, виявленими в електрообладнанні, таке недбале ставлення, насамперед до самого себе, призводить до травм різного ступеня тяжкості, а іноді й до смертельного результату.

Ураження електричним струмом може відбутися при використанні приладів з порушеною ізоляцією проводів або при експлуатації електричних приладів у вологих приміщеннях. Тому до початку всіх робіт потрібно переконатися у справності розеток, в які буде включатися електроінструмент, перевірити заземлення електрообладнання і, звичайно ж, оглянути інструмент на наявність пошкоджень [42].

Крім цього, необхідно суворо дотримуватися порядку підключення електроустаткування в мережу, спочатку до обладнання підключається шнур, а потім шнур - до мережі. Відключення здійснюється в зворотному порядку. І ні в якому разі не можна включати і торкатися до металевого корпусу несправного електрообладнання, підключеного до електричної мережі, так як такі нерозумні дії можуть призвести до ураження електричним струмом. Потрібно завжди пам'ятати - електрику треба не тільки економити, але і обережно користуватися нею. Не виконання вимог техніки безпеки може призвести до тяжких небезпечних та шкідливих факторів [42].

Основні причини нещасних випадків від впливу електричного струму наступні:

- 1) випадковий дотик чи наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин, що знаходиться під напругою;
- 2) поява напруги на металевих конструктивних частинах електроустаткування - у результаті ушкодження ізоляції й інших причин;
- 3) поява напруги на відключених струмоведучих частинах, на яких працюють люди, унаслідок помилкового включення установки;
- 4) виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання проводу на землю.

На рівень електротравматизму впливають недоліки в конструкції і монтажі устаткування, недоліки в експлуатації, незадовільна організація робочих місць, недостатній інструктаж і т.д. [42].

Проходячи через організм, електричний струм робить термічне, електролітичне і біологічне дії.

Термічна дія виражається в опіках окремих ділянок тіла, нагріванні кровоносних судин, нервів і інших тканин. Електролітична дія виражається в розкладанні крові й інших органічних рідин, що викликає значні порушення їхньої фізико - хімічних складів.

Біологічна дія є особливим специфічним процесом, властивим лише живої матерії. Воно виражається в роздратуванні і порушенні живих тканин організму (що супроводжується мимовільними судорожними скороченнями м'язів), а також у порушенні внутрішніх біоелектричних процесів, що протікають у нормально діючому організмі і найтіснішому образі зв'язаних з його життєвими функціями. У результаті можуть виникнути різні порушення в організмі, у тому числі порушення і навіть повне припинення діяльності органів подиху і кровообігу. Дратівне дія струму на тканині організму може бути прямим, коли струм проходить безпосередньо по цих тканинах, і рефлекторним, тобто через центральну нервову систему, коли шлях струму лежить поза цими тканинами.

Це різноманіття дій електричного струму нерідко приводить до різних електротравмам, що умовно можна звести до двох видів: місцевим електротравмам (електричні опіки, електричні знаки, металізація шкіри, механічні ушкодження) і загальним електротравмам (електричним ударам). Результат електротравм залежить від ряду факторів - умов зовнішнього середовища і параметрів організму людини. До умов зовнішнього середовища відносяться, насамперед, характер включення тіла людини в електричний ланцюг, сила струму і напруга в ланцюги, тривалість його впливу. Велике значення мають температура і вологість навколишнього середовища, з підвищенням якої вага результату зростає. На результат поразки електричним струмом впливають стомлення і хворобливий стан.

На результат поразки впливає і тривалість впливу струму. При цьому змінюється електричний опір тіла людини, що порозумівається впливом прогрівання і прибивання рогового шару шкіри. При короткочасному впливі струму вага поразки залежить від фази роботи серця в момент проходження струму. Так, проходження струму через серце в стадії розслаблення (період між послідовними скороченнями і розширеннями передсердь і шлуночків серця, що триває близько 0,1 с) особливо небезпечно.

Аналіз шкідливих факторів при експлуатації опалювальних та вентиляційних приладів.

Житлова будівля обладнана системою приточно-витяжної вентиляції. Для вивчення впливу складу газових сумішей, що виділяються при життєдіяльності на організм людини розглянемо такі основні потенційно небезпечні і шкідливі фактори в допоміжних приміщеннях:

- шкідливі викиди монооксида вуглецю;
- теплонадлишки;
- небезпека поразки електричним струмом.

Монооксид вуглецю або чадний газ відноситься до шкідливого для організму речовинам (отрутним). По своїй фізіологічній дії на організм людини

він є хімічно задушливою токсичною речовиною. Цей газ знижує вміст кисню у вдихуваному повітрі, зв'язуючи його хімічно.

СО вважається речовиною мало небезпечним і тому відноситься саме до четвертого класу безпеки. Гранично допустима концентрація (ГДК) СО у повітрі складає 20 мг/м [44]. Проте, монооксид вуглецю при досягненні визначених концентрацій може викликати отруєння організму.

Дія токсичних речовин, у даному випадку окису вуглецю, може виявлятися в гострих і хронічних отруєннях. Симптоми отруєння, як правило, виявляються відразу. Сила отруєння при вдиханні забрудненого повітря залежить від тривалості експозиції і концентрації отрути. Чим вище концентрація отрути в навколишньому повітрі, тим скоріше проявляться і будуть тяжчі наслідки.

Так, для монооксиду вуглецю :

- при $C \cdot t < 350$ - дія непомітно;
- при $C \cdot t = 700$ - дія слабка;
- при $C \cdot t = 1000$ - головні болі і нудота;
- при $C \cdot t = 1700$ - важке отруєння

(C - концентрація окису вуглецю, мг/м³ ; t - тривалість дії, год).

Впливають і умови навколишнього середовища. При високій температурі повітря розширюються шкірні судини, підсилюється потовиділення, частішає подих, підвищується хвилинний обсяг серця; це прискорює проникнення отрут в організм. Висока температура впливає на швидкість випару і летючість речовини, що підсилює небезпеку забруднення повітря. Вологість повітря підвищує токсичність речовин. Тому небезпека отруєння зростає саме в жаркий час року [45].

Для забезпечення необхідного по санітарних нормах якості повітряного середовища необхідна постійна зміна повітря в приміщенні. Потрібно постійно видаляти "відпрацьований" (забруднений) повітря і передбачати надходження чистого зовнішнього повітря, тобто здійснювати повітрообмін. Видалення з

приміщення забрудненого повітря здійснюється приточно-витяжною вентиляцією.

3.2 Розрахунок блискавкозахисту приміщень і споруд житлового середовища

До аварій і пожеж може привести струм лінійної блискавки, який обумовлює електромагнітну, теплову і механічну дії на об'єкт, через який проходить розряд електрики. Статистичні дані про шкоду, нанесену блискавками, та високу грозову діяльність на даній території обумовлюють необхідність вживання блискавкозахисту приміщень і споруд [45].

З метою попередження прямого удару і другорядних проявів блискавок, житлову будівлю пропонується обладнати системами блискавкозахисту. Розглянемо участок будівництва. Схема ділянки зображена на рисунку 3.1. Розміри ділянки : $b = 40$ м, $a = 15$ м, $c = 10$ м, $H = 18$ м, $H' = 25$ м. Вибираємо тип блискавковідводу: подвійний стержневий блискавковідвід, який складається з двох стержневих блискавковідводів різної висоти.

Оскільки будівля змінної висоти, то приймаємо що блискавковідводи встановлені на мачтах, розташованих на осі будівлі на відстані 4 м від краю самої будівлі.

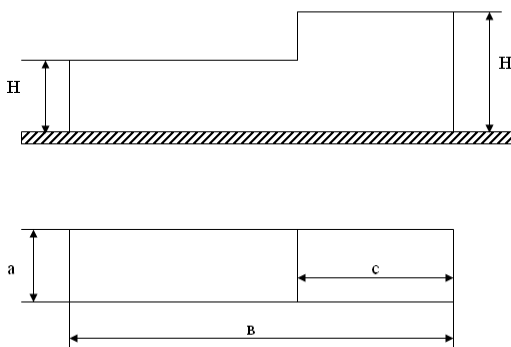


Рисунок 3.1 - Схема ділянки під будівництво

Відстань між блискавковідводами:

$$L = b + 4 + 4 = 40 + 8 = 48\text{м}, \quad (3.1)$$

тоді $l = L / 2 = 24$ м.

Зона захисту – А, значить, зона захисту має надійність 99,5%. Ширина внутрішньої області зони захисту r_c в середині між блискавковідводами визначається по формулі:

$$r_{CX} = r_c \frac{h_c - h_x}{h_c},$$

де r_c – ширина внутрішньої області зони захисту:

$$r_c = (r_{o1} + r_{o2}) / 2,$$

де r_{o1} , r_{o2} – радіуси торцевих областей зон захисту кожного із стержневих блискавковідводів на рівні землі, м:

$$r_{o1} = (1,1 - 0,002h_1)h_1;$$

$$r_{o2} = (1,1 - 0,002h_2)h_2,$$

де h_1 , h_2 – висоти блискавковідводів над землею, м.

h_c – висота зони захисту над землею в середині між блискавковідводами, м:

$$h_c = \frac{h_{c1} + h_{c2}}{2}.$$

Висота зони захисту кожного з блискавковідводів над землею, м:

$$h_o = 0,85h \quad (3.2)$$

Радіус зони захисту на висоті h_x для такого виду блискавковідводу визначається по формулі:

$$R_x = (1,1 - 0,002h) \cdot (h - h_x/0,85) \quad (3.3)$$

На відстані $h_{x1} = h_x = 18\text{м}$ ширина зони (мінімальна) із запасом повинна складати:

$$r_{x1} = r_x = a/2 + 1,5 + 1,5 = 15/2 + 3 = 7,5 + 3 = 10,5 \text{ м}, \quad (3.4)$$

тоді

$$r_x = (1,1 - 0,002h_1) \cdot (h_1 - h_{x1}/0,85);$$

$$10,5 = (1,1 - 0,002 \cdot h_1) \cdot (h_1 - 18/0,85).$$

Вирішимо рівняння відносно h_1 , отримаємо $h_1 = 31,3\text{м}$.

Тоді:

$$h_{o1} = 0,85 \cdot 31,3 = 26,6 \text{ м};$$

$$r_{o1} = (1,1 - 0,002 \cdot 31,3)31,3 = 32,5 \text{ м}$$

При $l = 24\text{м} < h_1 = 31,3 \text{ м}$ фіктивна висота між блискавковідводами:

$$h_{c1} = h_{o1} = 26,6 \text{ м} \quad (3.5)$$

Приймаємо $h_{x2} = H' = 25\text{м}$, тоді:

$$r_x = (1,1 - 0,002h_2) \cdot (h_2 - h_{x2}/0,85); \quad (3.6)$$

$$10,5 = (1,1 - 0,002 h_2) \cdot (h_2 - 25/0,85)$$

Вирішимо рівняння відносно h_2 , отримаємо $h_2 = 39,7 \text{ м}$, тоді визначимо ширину зони захисту (мінімальну) r_{x2} на відстані $h_x=18\text{м}$:

$$r_{x2} = (1,1 - 0,002h_2)(h_2 - h_x/0,85) = (1,1 - 0,002 \cdot 39,7)(39,7 - 18/0,85) = 18,9 \text{ м} \quad (3.7)$$

Тоді $h_{o2} = 0,85 \cdot 39,7 = 33,8 \text{ м}$; $r_{o2} = (1,1 - 0,002 \cdot 39,7)39,7 = 40,5 \text{ м}$

При $l = 24\text{м} < h_2 = 39,7 \text{ м}$ фіктивна висота між блискавковідводами:

$$h_{c2} = h_{o2} = 33,8 \text{ м.}$$

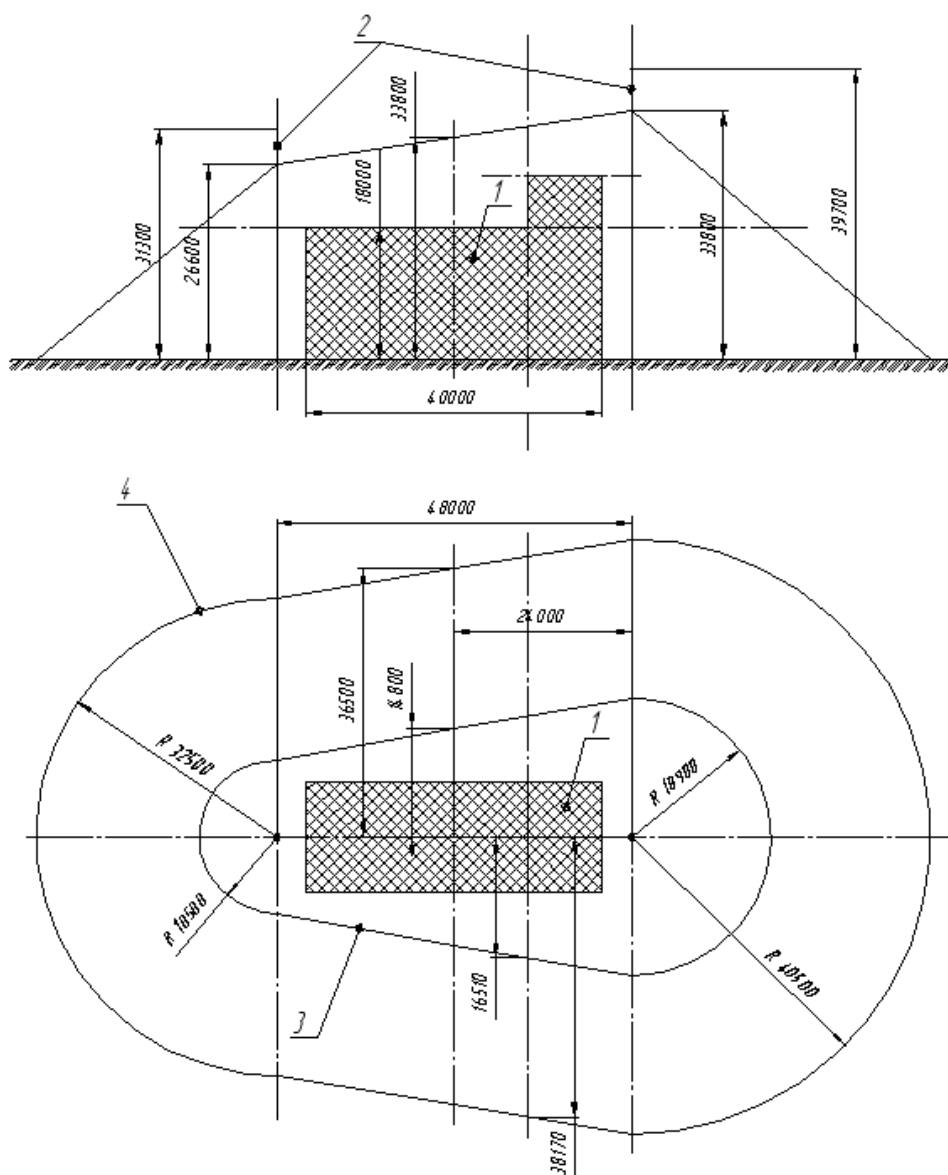
Таким чином,

$$h_c = \frac{26,6 + 33,8}{2} = 30,2 \text{ м};$$

$$r_c = (32,5 + 40,5) / 2 = 36,5 \text{ м};$$

$$r_{cx} = 36,5 \frac{30,2 - 18}{30,2} = 14,8 \text{ м.}$$

Будинок входить в зону захисту (це видно з розрахунків), значить обраний подвійний стрижневий блискавковідвід забезпечить необхідний блискавкозахист. На рисунку 3.2 показана розрахункова схема блискавкозахисту.



1 – житлова будівля ; 2 – стержневий блискавковідвід; 3 – кордон зони захисту на рівні землі; 4 – кордон зони захисту на рівні висоти будинку

Рисунок 3.2 – Розрахункова схема блискавкозахисту ділянки забудови

3.3 Захист від теплового впливу

Як боротьбу з тепловиділення від устаткування, у даному випадку печі опору, звичайно проводять санітарно-технічні заходи щодо їх зменшення. Наприклад, такі заходи як теплоізоляція нагрітих поверхонь, герметизація устаткування і саме головне - пристрій місцевих відсосів нагрітого повітря (приточно-витяжна вентиляція).

3.4 Електробезпека

Небезпечні та шкідливі фактори, пов'язані з використанням електричної енергії [42].

Факторами небезпечного і шкідливого впливу на людину, пов'язаними з використанням електричної енергії, є [42]:

- 3.1 протікання електричного струму через організм людини;
- 3.2 вплив електричної дуги;
- 3.3 вплив біологічно активного електричного поля;
- 3.4 вплив біологічно активного магнітного поля;
- 3.5 вплив електростатичного поля;
- 3.6 вплив електромагнітного випромінювання (ЕМВ).

Небезпечні та шкідливі наслідки для людини від впливу електричного струму, електричної дуги, електричного і магнітного полів, електростатичного поля і ЕМВ проявляються у вигляді електротравм, механічних пошкоджень та професійних захворювань. Ступінь впливу залежить від експозиції фактора, в тому числі: роду і величини напруги і струму, частоти електричного струму, шляху струму через тіло людини, тривалості впливу електричного струму або електричного і магнітного полів на організм людини, умов зовнішнього середовища [42].

За ступенем впливу на організм людини розрізняються чотири стадії:

- 3.7 слабкі, судомні скорочення м'язів;
- 3.8 судомні скорочення м'язів, втрата свідомості;
- 3.9 втрата свідомості, порушення серцевої і дихальної діяльності;
- 3.10 клінічна смерть, тобто відсутність дихання і кровообігу.

Механічні пошкодження, що з'явилися внаслідок впливу шкідливих факторів, пов'язаних з використанням електричної енергії (падіння з висоти, удари), також можуть бути віднесені до електротравм. Крім того, електричний струм викликає мимовільне скорочення м'язів (судоми), яке ускладнює

звільнення людини від контакту з струмоведучими частинами [42].

Професійні захворювання проявляються, як правило, в порушеннях функціонального стану нервової та серцево-судинної систем. У людей, що працюють в зоні впливу електричного і магнітного полів, електростатичного поля, електромагнітних полів радіочастот, з'являються дратівливість, головний біль, порушення сну, зниження апетиту, порушення репродуктивної функції та ін. Наслідком дії шкідливих факторів можуть з'явитися хвороби очей або лейкемія [42].

Права та обов'язки обслуговуючого персоналу

Згідно з діючими нормами робітники повинні в обов'язковому порядку проходити медичний огляд [43]:

- 3.11 первинний, проводиться при прийомі на роботу;
- 3.12 регулярний(періодичний), проводиться один раз на рік;
- 3.13 позачерговий, може бути призначений в надзвичайних випадках(на прохання працівника, при виявленні профзахворювання).

Ці вимоги пов'язані з тим, що для професій, пов'язаних з обслуговуванням електроустаткування існує ряд заборон за станом здоров'я.

Робітник повинен бути ознайомлений з нормативними документами і обов'язковими вимогами. Інструктаж проводиться на роботі, про його проведення повинна бути відмітка в журналі з техніки безпеки [43].

Окрім цього, обслуговуючий персонал повинен розбиратися у механізмі роботи електрообладнання та принципі його роботи. При прийомі на роботу проводиться перевірка знань робітника. Після її успішного проходження видається посвідчення про присвоєння тієї чи іншої групи по електробезпеці.

Якщо у спеціаліста відсутнє посвідчення чи не пройдений медичний огляд, то він не може бути допущений до роботи з електроустановками. Під ці вимоги попадають люди, віком до 18 років чи ті, які знаходяться у стані алкогольного сп'яніння чи під наркотичними засобами [43].

Дії працівників обслуговуючої організації під час ураження людини електричним струмом

При ураженні електричним струмом необхідно якомога швидше звільнити потерпілого від струмопровідних частин обладнання [41].

Відключити струм. Рятувати ураженого можна тільки однією рукою. Інакше ви ризикуєте стати “частиною” електричного ланцюга та одержати тяжкі опіки. Якщо хтось схопився за оголений дрот - висмикнути дрот із розетки, відключити рубильник, викрутити запобіжні електропробки. Припустимо, це зробити не можна. Тоді треба відкинути дрот. Але не руками, а сухою дерев'яною палицею чи іншим предметом з хорошою ізоляцією. Якщо постраждалий тримає дрот у стисненій долоні, необхідно дрот перерубати. Для цього підійде інструмент з ізольованими рукоятками: сокира чи лопата з дерев'яним сухим держакон, плоскогубці чи кусачки з ізоляцією. Дроти, що зайнялися, неможна гасити водою. Їх краще накрити прогумованою тканиною або засипати піском. Якщо людина лежить на землі поруч з обірваним дротом, до нього треба підходити, кинувши собі під ноги “ізоляцію” - наприклад, суху дошку, гумову ковдру, книги або стопку газет. На руки краще над усе надягнути гумові чи шкіряні сухі рукавиці. На крайній випадок обмотати руки сухою тканиною [41].

Як надати першу медичну допомогу постраждалому при електротравмах? Насамперед треба знизити температуру в місці опіку, приклавши лід з холодильника (можна і будь-які заморожені продукти, попередньо обгорнувши їх чистою тканиною). Підійде і холодна вода. Якщо людина при свідомості, дайте знеболююче типу анальгетик і заспокійливе (валеріанку, краплі Зеленіна, валокордин, корвалол). Ця травма впливає, насамперед на центральну нервову і серцево-судинну системи [41].

На місце опіку накладають стерильну пов'язку, бажано так звану вологовисихаючу – із фурациліном. Але ні в якому разі не змащують це місце жиром або маззю на жировій основі. Якщо постраждалий втратив свідомість, але

дихання є, його кладуть на бік. При порушенні дихання і серцебиття роблять масаж серця і штучне дихання “рот у рот” до приїзду бригади лікарів. Потерпілий повинен лежати, ні в якому разі не дозволяйте йому ні сідати, ні вставати. Це може призвести до важких наслідків, тому що в організмі виникають серйозні внутрішні розлади [41].

Як і що робити далі повинен визначити тільки лікар. Велика помилка, якщо електричний опік пробують гоїти вдома або амбулаторно. При сильних опіках пальців, долонь в перші два-три дні їх ще можна врятувати від некрозу (відмирання). Але пізніше - ні.

За даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, щорічно від електротравм гине до 25 тисяч чоловік [41].

Навіть при розвинутій системі захисних заходів не слід вважати, що вони створюють умови абсолютної безпеки. В усіх випадках настійно необхідно високоякісне виконання електричних установок і періодичний контроль їх, підтримка якісного стану ізоляції, висока дисципліна персоналу і дотримання правил безпеки.

Пристрій і експлуатація електротехнічних установок повинні відповідати обов'язковим для всіх підприємств Правилам пристрою електротехнічних установок (ПУЭ) і правилам технічної експлуатації і безпеки обслуговування електроустановок [46].

Для безпечної експлуатації електротехнічних установок важливе значення мають виробничі умови, що характеризуються особливостями навколишнього середовища, ступенем приступності електричного устаткування, напругою електричного струму.

Основними мірами захисту від поразки струмом є: забезпечення неприступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, для випадкового дотику; електричний поділ мережі; усунення небезпеки поразки з появою напруги на різних частинах електроустаткування, що досягається застосуванням малих напруг, використанням подвійної ізоляції, вирівнюванням

потенціалу, захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням і ін.; застосування спеціальних електрозахисних засобів - переносних приладів і пристосувань; організація безпечної експлуатації електроустановок [47].

3.5 Пожежна безпека

Будівлю, в якій знаходяться житлові та допоміжні приміщення, по вибуховій і пожежній небезпеці можна віднести до приміщення категорії Д, оскільки в майстерні та гаражі є горючі (книги, документи, меблі) і важкозаймисті речі (різне інженерне устаткування), які при взаємодії з вогнем можуть горіти без вибуху. За конструктивними характеристиками будівлю можна віднести до будівель з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, де для перекриттів допускається використання дерев'яних конструкцій, захищених штукатуркою або важко горючими листовими, а також плитковими матеріалами. Отже, ступінь вогнестійкості будівлі можна визначити як третю (III).

Причинами виникнення пожежі можуть бути:

- несправності електропроводки, розеток і вимикачів, які можуть призвести до короткого замикання або пробоя ізоляції;
- використання пошкоджених (несправних) електроприладів;
- використання в приміщенні електронагрівальних приладів з відкритими нагрівальними елементами;
- виникнення пожежі внаслідок попадання блискавки в будинок;
- загоряння будівлі внаслідок зовнішніх впливів;
- неакуратне поводження з вогнем та недотримання заходів пожежної безпеки.

Для гасіння пожеж використовується вуглекислотний вогнегасник ОУ-5 та ручний пожежний інструмент – гаки, ломи, сокири, відра, лопати, ножиці для різання металу. Інструмент розміщується на видному і доступному місці на

стендах та щитах.

Необхідними заходами для запобігання пожежі є своєчасний ремонт електроприладів, якісне виправлення поломок, не використання несправних електроприладів та використання первинних засобів пожежогасіння.

3.6 Висновки до розділу 3

Надано характеристику основних потенційно небезпечних та шкідливих факторів.

Запропоновано конкретні заходи з покращення умов експлуатації будівлі.
Наведено розрахунок блискавкозахисту ділянки забудови.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

За результатами виконаної магістерської роботи можна зробити наступні висновки:

- проаналізовано сучасний стан фонду житлових приватних будинків;
- вивчено сучасні методи та засоби підвищення енергоефективності використання енергоресурсів при проектуванні, будівництві та експлуатації приватних житлових будинків:
- розглянуто можливі джерела тепло- та електрозабезпечення приватних житлових будинків та порівняння ефективності їх функціонування;
- досліджено режими функціонування споживачів теплової та електричної енергії у приватних житлових будинках;
- виконано математичне моделювання режимів функціонування приватного будинку;
- розроблено техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів з підвищення енергозберігаючих показників житлового приватного будинку;
- проаналізовано методи оцінки споживання теплової та електричної енергії житловим будинком.:
- побудовано та досліджено графіки споживання електричної енергії побутовими електроприладами в будинку, що впливають на загальне електроспоживання будинку;
- визначено попит електроенергії на опалення та ГВП;
- виконано теплотехнічний розрахунок, коефіцієнтів теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій та змодельовано попит будинку в тепловій і електричній енергії на опалення та на потреби ГВП;
- визначено загальний базовий рівень енергоспоживання житловим будинком (89 кВт-год/м² опалювальної площі);
- оцінено можливість заміни інженерного обладнання будинку для переводу з категорії енергоощадності «Будівля низького споживання енергії» до

«Концепції пасивного будинку»;

- запропоновано до впровадження дві технології, основані на сучасних енергоефективних рішеннях модернізації інженерних систем, що надасть можливість зменшити споживання енергії на опалення та ГВП з 89 кВтгод/м² до 21,42 кВтгод/м²;
- проведено аналіз техніко-економічних показників, який підтвердив оптимальність обраного типу інженерного обладнання та енергозабезпечення будинку з точки зору його теплотехнічних показників.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Басок Б.И., Резаков Т.А., Коломейко Д.А., Матвеев Ю.Б. Когенерация в децентрализованной и возобновляемой энергетике. – Киев, 2013. – 408с.
2. Денисюк С.П., Бориченко О.В. Теоретичні основи побудови систем енергетичного менеджменту в Україні. – Енергетика: економіка, технології, екологія .– 2015. - №1 – С. 7-17.
3. Закон України Про енергетичну ефективність будівель від 22.06.2017 № 2118-VIII.
4. ДСТУ 4065:2001. Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги. - Чинний від 2002.07.01. - К: Держстандарт України. - 2002.
5. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. Настанова з розроблення енергетичного паспорта будинка. - Чинний від 2007.07.01. - К: Держстандарт України. - 2007.
6. ДБН 79-92. Житлові будинки для індивідуальних забудовників України. - Затверджені наказом Держбуду України від 24 березня 1992р. № 37 та введено у дію 01.04.1992р.
7. Д. Даффи, У. Бекман. Основы солнечной энергетики. Перевод с английского. – Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2013. – 888 с.
8. Бодров М.В. и др. Инженерные основы создания пассивных домов. ННГАСУ. – Н.Новгород, 2015. – 110 с.
9. В. Файст. Основные положения по проектированию пассивных доиов. Перевод с немецкого. М.: Издаткльство Ассоциация строительных ВУЗов, - 2008. – 144 с.
10. Критерии стандарта «Пассивный дом», «EnerPHI» и «Энергосберегающий дом PHI»/ Passiv House Institute, 2016/ - 22 с.
11. ДБН В.2.6-31:2016. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. - Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2016. - 33с.
12. Аvezов Р.Р. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения. – М.: Стройиздат, 1990. – 320 с.
13. Амерханов Р.А. Оптимизация сельскохозяйственных энергетических установок

с использованием возобновляемых видов энергии. – М.: Колос, 2003. – 532 с.

14. Германович В.П. Альтернативные источники энергии. Практические инструкции по использованию энергии ветра, солнца, воды, земли, биомассы. - СПб.: Наука и техника, 2010. - 320 с.

15. С. Гибилиско. Альтернативная энергетика без тайн.. – М.: Эксмо, - 2011. – 368 с.

16. Голицын М.В., Пронина Н.В. Альтернативные энергоносители. М.: Наука, 2004. – 159 с.

17. Елистратов В.В. Использование возобновляемой энергии. СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2008. – 224 с.

18. Каменев П.Н., Тертичник Е.И. Вентиляция. М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2011. – 632 с.

19. Крупнов Б.А. Отопительные приборы, производимые в России и ближнем зарубежье: научно-популярное издание. –М.: Изд-во АСВ, 2015. – 176 с.

20. Лисюк Ю.А., Кузьмич В.В. Нетрадиционные источники энергии. – Минск: УП «Технопринт», 2005. – 234 с.

21. Мирам А.О., Павленко В.А. Техническая термодинамика. Теплообмен. – М.: Изд-во АСВ, 2011. – 352 с.

22. Обозов А.Д., Болтаев Р.М. Возобновляемые источники энергии. – Бишкек: КГТУ, 2010. – 218 с.

23. Рассольно-водяные тепловые насосы для отопления и горячего водоснабжения. – Киев.: Роберт Бош Лтд. 2009. – 95 с.

24. Сканави А.Н., Махов Л.М. Отопление. – М.:Изд-во АСВ, 2008. – 576 с.

25. Энергосберегающие отопительные конвекторы с автоматическими терморегуляторами Danfoss. Каталог-рекомендации. – М.: ООО «Данфосс»,2011.–27 с.

26. D. Chiras, Wind Power. Basics/ - Gabriola Island, Canada: New Society Publishers, 2010. - 180 p.

27. Портативный инфракрасный термометр [электронный ресурс] Режим послания http://www.arsenal-td.ru/auto/raytek_minitemp.pdf

28. Світлодіодні лампи [электронный ресурс] Режим послания:

<https://www.brille.ua/33-667.html>

29. Зарадіаторна плівка [електронний ресурс] Режим посилання: <https://teplo-plenka.com.ua/katalog/ekran-otrazhatel-dlia-radiatora.html>

30. Кліматична характеристика опалювального періоду в Вінницькій області [Електронний ресурс] Режим посилання: <http://lbd.sm.gov.ua/index.php/uk/8-novini/7463-klimatichna-kharakteristika-opalyvalnogo-periodu-v-sumskij-oblasti>

31. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожеж. Будівельна кліматологія. - Прийнято та надано чинності: наказ Мінрегіонбуд України від 16.12.2010 р. № 511, чинний з 1 листопада 2011 р. - 123 с.

32. VIKNAR'OFF online [Електронний ресурс] Режим посилання: <http://www.viknaroff-online.com.ua/ua/calc/step-one>

33. ITERA TRADE [Електронний курс]: «Технические характеристики пенопласта ПСБ-С-25». Режим посилання: <https://iteragroup.com.ua/penoplast-psb-s-25.html>

34. ВІК БУД [Електронний курс]: «Каталог: клей для пінопласту». Режим посилання: <https://vikbud.ua/catalog/klei-1>

35. ЕПІЦЕНТР [Електронний курс]: «Цена грунтовочной краски». Режим посилання: <https://epicentrk.ua/>

36. Утеплювач піноізол [Електронний курс]: «Характеристики піноізолу». Режим посилання: <https://peno-izol.at.ua/index/0-2>

37. РПК [Електронний курс]: «Цена и расход пеноизола». Режим посилання: <http://www.rpk.com.ua/>

38. КБ ЗКОПРОЕКТ [Електронний курс]: «Цена полипропилена». Режим посилання: <http://www.kb-ecoproject.com.ua/>

39. Флагма [Електронний курс]: «Цена цементно-песчаной смеси Полимин СЦ-5». Режим посилання: <https://kiev.flagma.ua/>

40. Макгруп [Електронний курс]: «Характеристики Testo 605-H1». Режим посилання: <https://mcgrp.ru/manual/testo/605-h1>

41. При ураженні електричним струмом. URL:
http://guns.odessa.gov.ua/flles/guns_portal/pri_urazhenn_elektrichnim_strumo_m.pdf
Охорона праці при роботі з електрообладнанням URL:<http://ifreestore.net/2175/> .
43. Техника безопасности при работе с электрооборудованием URL:
https://www.asutpp.ru/tehnika-bezopasnosti-pri-rabote-s-elektrooborudovanie_m.html
44. Кожемякін Г.Б. Охорона праці та техногенна безпека: методичні вказівки до виконання розділу магістерських робіт для студентів ЗДІА всіх спеціальностей денної та заочної форм навчання / Г.Б. Кожемякін, В.Г. Рижков, К.В. Белоконь. Запоріжжя: ЗДІА, 2012. 48 с.
45. Долин П. А. Основы техники безопасности в электроустановках. Москва: Энергия, 2019. 337 с.
46. ДБН 2.04.05 – 92 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Москва, 1992.
47. СН 102 – 76. Инструкция по устройству сетей заземления и зануления в электроустановках. Москва: Стройиздат, 1979. 23 с.
48. Ференчук І.В., Башлій С.В. Особливості впровадження концепції «пасивного будинку» що сприяють підвищенню рівня енергоефективності будівель. *Матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувач вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України»*. Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2021. С. 71

Додаток А

Демонстраційні матеріали до магістерської роботи
«Підвищення ефективності енергоспоживання житлового фонду за рахунок
оптимізації енергетичних потоків будівель»

Додаток 1 (Презентація, слайд 1)

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний науково-навчальний інститут
Кафедра електротехніки та енергоефективності

1

Підвищення ефективності енергоспоживання житлового фонду за рахунок оптимізації енергетичних потоків будівель.

Виконав:

ст. гр. 8.1410
Ференчук І.В.

Науковий керівник:

к.т.н., доц.
Башлій С.В.

Запоріжжя, 2021р.

Продовження додатку 1 (Презентація, слайд 2)

2

Мета роботи – Покращення енергозберігаючих показників та підвищення енергоефективності житлових приватних будинків за рахунок впровадження елементів концепції «Пасивного будинку». Формування концепції «Пасивного будинку», яка б підходила до більшості типів приватних домогосподарств в Україні.

Завдання роботи:

- аналіз сучасного стану фонду житлових приватних будинків;
- вивчення методів та засобів підвищення енергоефективності у приватних житлових будинках;
- розгляд режимів функціонування споживачів теплової та електричної енергії у приватних житлових будинках;
- дослідження можливих джерел тепло- та електрозабезпечення приватних житлових будинків та порівняння ефективності їх функціонування;
- математичне моделювання режимів функціонування приватного будинку;
- розробка техніко-економічного обґрунтування запропонованих заходів з підвищення енергозберігаючих показників житлового приватного будинку;
- планування та розробка start up проекту з запровадження технічних та технологічних рішень для підвищення «пасивності» будинку з точки зору його енергоспоживання.

Продовження додатку 1 (Презентація, слайд 3)

3

Об'єкт дослідження:

Процес підвищення енергетичних показників будівель за рахунок впровадження сучасних технологічних рішень.

Предмет дослідження:

Впровадження концепції «пасивного будинку» з метою підвищенню рівня енергетичної ефективності будівель на прикладі будинку за адресою Вінницька обл., м. Іллінці, вул. Свободи, буд. 3.

Наукова новизна:

Запропоновано модернізовану технологію енергопостачання та режимів функціонування споживачів теплової та електричної енергії для підвищення енергоефективності. Розроблено методологію оцінювання ефективності впровадження енергозберігаючих технологій для підвищення рівня «пасивності». Визначено оптимальну конфігурацію інженерних систем забезпечення будинку тепловою та електричною енергією. Запропонована інноваційна технологія передбачає розробку та застосування відновлювальних джерел енергії.

Практичне значення:

Отримані результати роботи мають практичне значення та можуть бути використані при проведенні реконструкції та модернізації приватних будинків для підвищення рівня енергетичної незалежності будинку. Одержані результати допоможуть визначити оптимальну конфігурацію систем опалення будинку, ГВП з мінімальними затратами.

Продовження додатку 1 (Презентація, слайд 4)

Приклади “пасивних будинків”

4



Продовження додатку 1 (Презентація, слайд 5)

5

Товщина стіни в залежності від використовуваного матеріалу при рівному опорі теплпередачі

ЦЕГЛА ПУСТОПЛА
вага 1 кв.м. стіни - 1400 кг

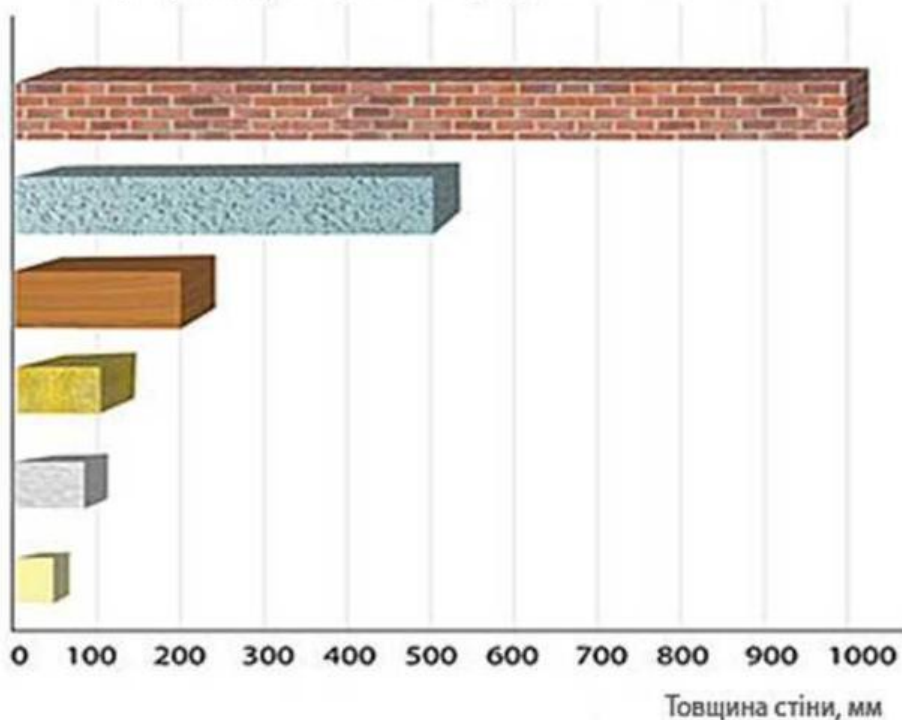
ГАЗОБЕТОН
вага 1 кв.м. стіни - 400 кг

ДЕРЕВО
вага 1 кв.м. стіни - 100 кг

**СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЬ
З МІНЕРАЛЬНОЮ ВАТОЮ**
вага 1 кв.м. стіни - 20 кг

**СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЬ
З ПІНОПОЛІСТИРОЛОМ**
вага 1 кв.м. стіни - 10 кг

**СЕНДВІЧ-ПАНЕЛЬ
PUR/PIR**
вага 1 кв.м. стіни - 10 кг



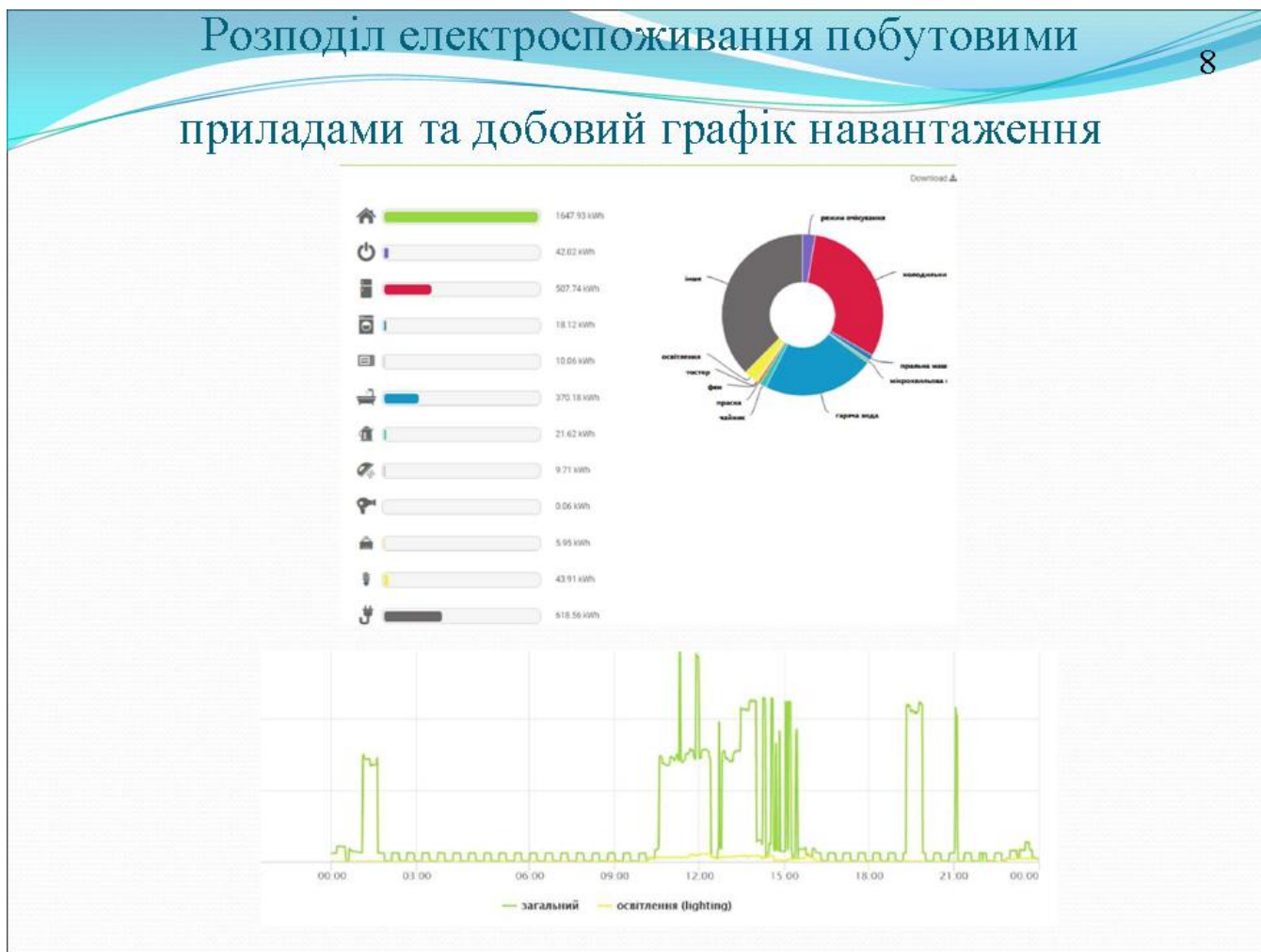
Продовження додатку 1 (Презентація, слайд 6)

Порівняльний аналіз ефективності видів первинного палива

Вихідні данні для порівняння експлуатаційних витрат на опалення:

Вид палива	Ціна за одиницю		Теплотворність палива		ККД
Природний газ	8,59	грн/1м ³	7000	ккал/м ³	90%
Електроенергія	1.68	грн/кВтг	859	ккал/кВтг	98%
Кам 'яне вугілля	3.5	грн/кг	5250	ккал/кг	75%
Торф'яні брикети	1.7	грн/кг	3800	ккал/кг	75%
Дрова вологістю, до 20%	0.7	грн/кг	3800	ккал/кг	75%
Дерев'яні палети	2.27	грн/кг	4100	ккал/кг	82%

Продовження додатку 1 (Презентація, слайд 8)



Продовження додатку 1 (Презентація, слайд 9)

Тепловтрати окремих елементів конструкції та будинку в цілому

$$R_{ог.контр.} = \frac{1}{\alpha_{зовн.}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}}$$

$$U = 1/R_{ог.контр.}$$

$$R_{набз} = R_{норм.набз} + \frac{\delta_{ум.набз}}{2}$$

Итого - Ведомость ограждений

Символ	Описание ограждения	k	F	Qогр	Qрс	Ql	Вид ограждения
		Вт/м ²	м ²	Вт	ГДж/го	ГДж/го	
ТВЕРИ МАНС АРДА	перекриття та скати мансари	1.538	0	111			Тверди наружные
ОКНА	4м1-16-4i 4-х камерний профіль 60 мм	0.141	57.6	331			Крыша
		1.692	19.5	1363			Окно наружное (фонарь)
ПІЛЛО		0.261	43.0	464			Пол на грунте I зона
СТІВА	Каркасні стіни	0.200	124.9	1024			Стена наружная

Итого - Ведомость помещений

Сим	Описание помещения	Тв	ОО	ОПол	F	Куб.	Of	Qv	Qогр	Qв	N	VB	d1	d2
		°C	Вт	Вт	М2	м3	Вт/м	Вт/м	Вт	Вт	л/ч	м3/ч		
1	Кухня - Гістьова кімната	20	1708	0	30.0	78	57	22	1177	412	1.0	780	180	-
2	холл	18	246	0	6.0	16	41	16	218	0	0.0	00	130	0.
3	ванна	18	827	0	9.0	23	92	35	316	473	2.0	470	150	-
4	спальня	20	493	0	9.2	24	54	21	375	126	1.0	240	050	-
5	Господарська спальня	18	835	0	25.0	65	33	13	543	299	1.0	650	050	-
6	дитяча кімната	20	1000	0	18.0	47	56	21	337	675	1.5	700	050	-
7	гостьова спальня	18	492	0	12.0	31	41	16	277	206	1.0	310	050	-
8	тамбур	18	120	0	4.0	10	30	12	50	69	1.0	100	030	0.

Итого расчета теплотеры:

Название проекта:	житловий будинок		
Расположение:	вул. Свободи, будинок 3		
Проектировщик:	Ференчук Ілля Васильович		
Дата расчетов:	Вторник, 9 ноября 2021, 11:23		
Населен. пункт:	Винницька обл., м.Іллініці		
Климат. зона:	4	Темпер. наружная	[°C] -22
Площадь, м2:	113	Кубатура здания	[м3] 294
Расчетные теплотери		Qрасч.	[Вт] 5721
Расход тепла на вентиляцию		Qвент.	[Вт] 2259
Дополнительные теплопоступления в помещениях		Qдоп.	[Вт] 0
Потребление тепла на м2 поверхности отоплен		Qf	[Вт/м²] 50,3
Потребление тепла на м3 кубатуры отопления		Qv	[Вт/м³] 19,4

Продовження додатку 1 (Презентація, слайд 10)

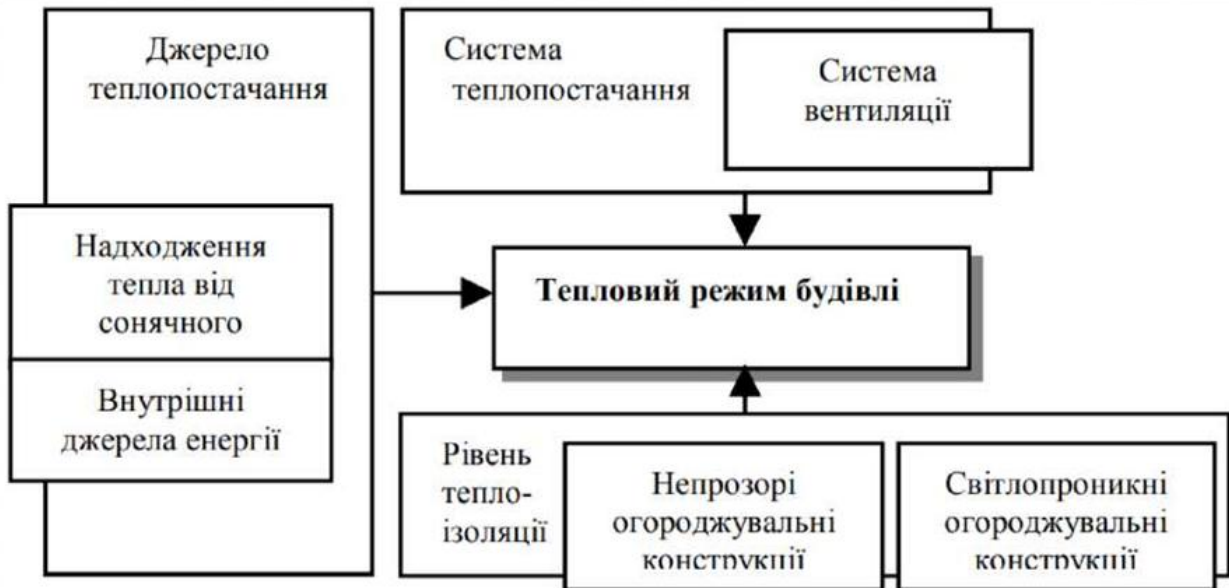
Моделювання споживання теплової енергії для опалення та ГВП 10



Енергопотреба будинку в ГВП, кВт-год	$W_{\text{ГВП}}$	2133,46
Енергопотреба будинку в опаленні, кВт-год	$W_{\text{опалення}}$	9038,78
Питоме енергоспоживання кВт-г/м ²	$W_{\text{питоме}}$	89,37

Продовження додатку 1 (Презентація, слайд 11)

Методи підвищення енергоефективності будинку ¹¹



Продовження додатку 1 (Презентація, слайд 12)

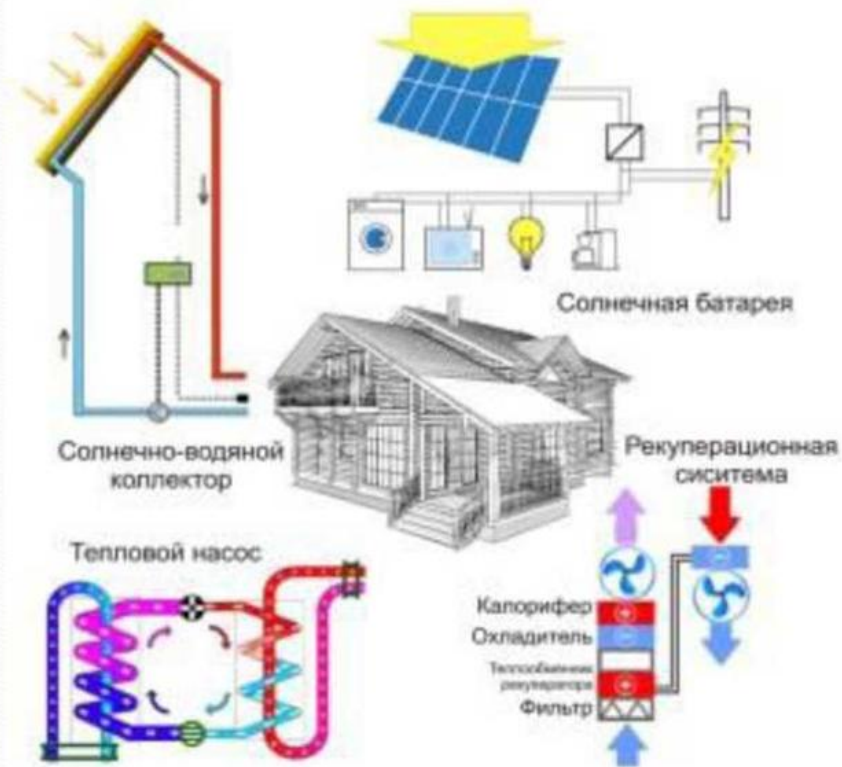
Основні етапи і фактори, що передують моделюванню 12



Продовження додатку 1 (Презентація, слайд 13)

13

Запропоновані інженерні технології підвищення енергоефективності



Продовження додатку 1 (Презентація, слайд 14)

Моделювання режимів роботи системи опалення та ГВП

14

Характеристика	Позначення	Од. вимір.	Значення
Розрахункове навантаження		кВт	5
Розрахункова температура	$t_{роз.}$	°С	-20
Температура без навантаження	$t_{б/н}$	°С	12
Область регулювання частотного навантаження	$Q_{рег.спож.}$	кВтгод	2946,91
	$T_{рег.спож.} \times_{рег.спож.}$	годин	263
Навантаження на ГВП	$Q_{гвп}$	кВтгод	2133,43
Навантаження в режимі ON/OFF	$Q_{on/off}$	кВтгод	6091,87
	$T_{on/off}$	годин	4832
Сумарна теплопродуктивність опалення	CAP	кВтгод	9038,78
Споживання е.е ТН на опалення	$W_{спож.опал.}$	кВтгод	2131,78
Сезонний COP	SCOP		4,24
Річний час роботи обладнання	$T_{рік.}$	годин	5095
Сумарна теплопродуктивність на ГВП	$Q_{гвп}$	кВтгод	2133,43
Споживання е.е ТН на ГВП	$W_{спож.гвп.}$	кВтгод	833,46
Сезонний COP при роботі на ГВП	SCOP _{ГВП}		2,56

Продовження додатку 1 (Презентація, слайд 15)

Використання геотермальної вентиляційної системи

15



Продовження додатку 1 (Презентація, слайд 16)

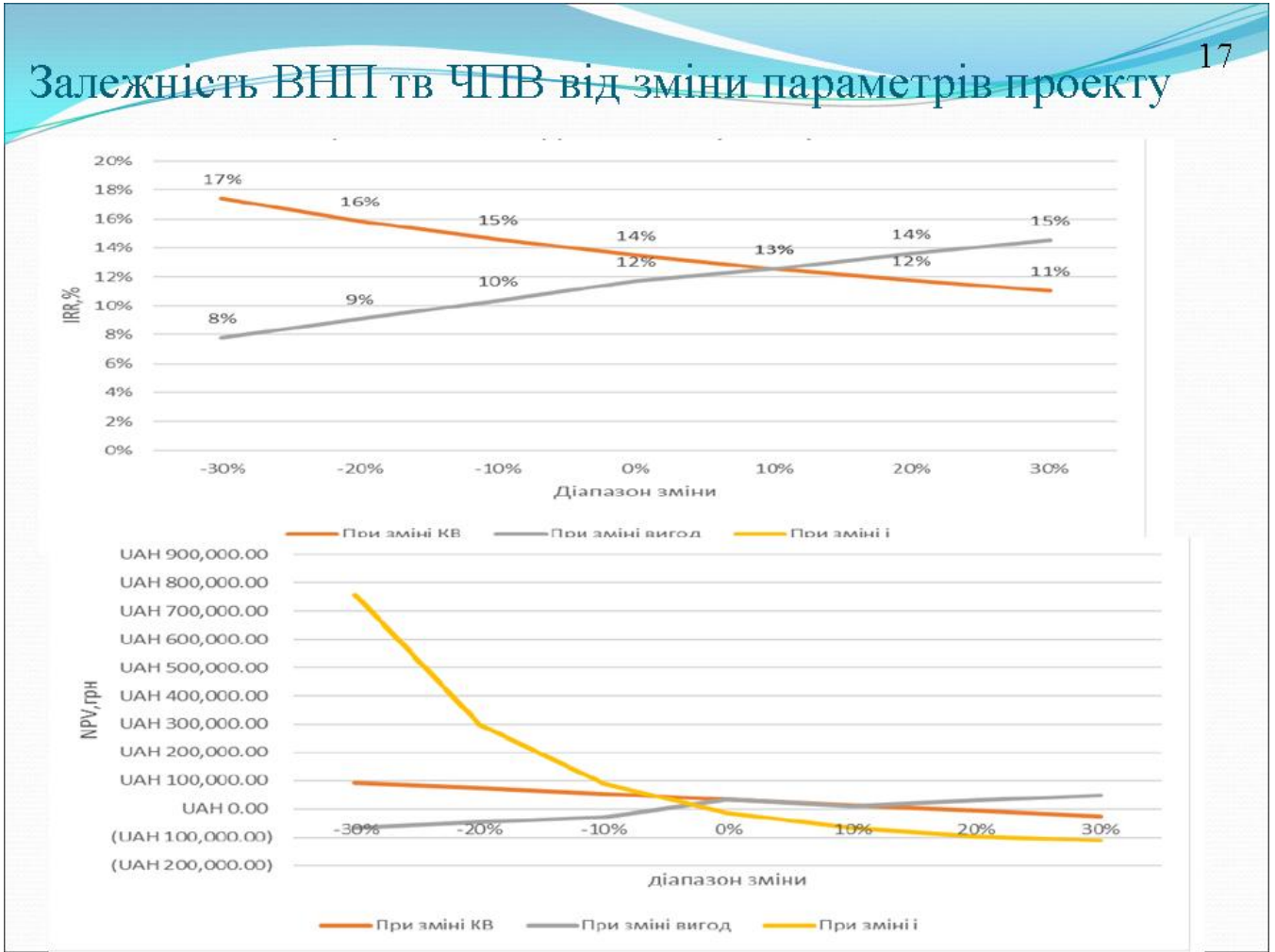
Розрахунок чутливості проекту до зміни

16

капітальних витрат, тарифу та ставки дисконтування

Діапазон зміни	КВ	NPV	IRR	Вигоди	NPV	IRR	i	NPV	IRR
%	грн	грн	%	грн	грн	%	%	грн	%
-30,00%	154930,3	92 706,24	17%	9 988,94	-67058,34	8%	2	758229,95	0%
-20,00%	177063,2	72 944,72	16%	11 415,94	-47782,37	9%	6	299644,54	-3%
-10,00%	199196,1	53 183,21	15%	12 842,93	-28506,39	10%	10	89170,33	-7%
0,00%	221329	33 421,69	14%	14 269,92	33421,69	12%	14	-13640,16	-10%
10,00%	243461,9	13660,17	13%	15 696,91	10045,56	13%	18	-66689,72	-13%
20,00%	265594,8	(6 101,35)	12%	17 123,90	29321,54	14%	22	-95284,69	-16%
30,00%	287727,7	(25 862,87)	11%	18 550,90	48597,51	15%	26	-111137,51	-19%

Продовження додатку 1 (Презентація, слайд 17)



Продовження додатку 1 (Презентація, слайд 18)

ВИСНОВКИ

18

- проаналізовано сучасний стан фонду житлових приватних будинків;
- вивчено сучасні методи та засоби підвищення енергоефективності використання енергоресурсів розглянуто можливі джерела тепло- та електрозабезпечення приватних житлових будинків та порівняння ефективності їх функціонування;
- досліджено режими функціонування споживачів теплової та електричної енергії у приватних житлових будинках;
- виконано математичне моделювання режимів функціонування приватного будинку;
- розроблено техніко-економічне обґрунтування запропонованих заходів з підвищення енергозберігаючих показників житлового приватного будинку;
- проаналізовано методи оцінки споживання теплової та електричної енергії житловим будинком.:
- побудовано та досліджено графіки споживання електричної енергії побутовими електроприладами в будинку, що впливають на загальне електроспоживання будинку;
- визначено попит електроенергії на опалення та ГВП;
- виконано теплотехнічний розрахунок, коефіцієнтів теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій та змодельовано попит будинку в тепловій і електричній енергії на опалення та на потреби ГВП;
- визначено загальний базовий рівень енергоспоживання житловим будинком (89 кВт-год/м² опалювальної площі);
- оцінено можливість заміни інженерного обладнання будинку для переведу з категорії енергоощадності «Будівля низького споживання енергії» до «Концепції пасивного будинку»;
- запропоновано до впровадження дві технології, основані на сучасних енергоефективних рішеннях модернізації інженерних систем, що надасть можливість зменшити споживання енергії на опалення та ГВП з 89 кВтгод/м² до 21,42 кВтгод/м²;
- проведено аналіз техніко-економічних показників, який підтвердив оптимальність обраного типу інженерного обладнання та енергозабезпечення будинку з точки зору його теплотехнічних показників.
- при проектуванні, будівництві та експлуатації приватних житлових будинків: