

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"

Електротехнічний факультет

Кафедра Відновлюваних джерел енергії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
магістерської дисертації

галузь знань 14 – Електрична інженерія

спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії)

освітній рівень магістр

кваліфікація 2143.2 Інженер-електрик в енергетичній сфері

на тему Оцінка ефективності застосування відновлюваних джерел
енергії для енергопостачання енергопасивних будинків.

Виконавець:

студент II курсу, групи 141м-16-3

_____ (підпис)

Дудник М.К.
(прізвище та ініціали)

Керівники/консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
Проекту	Ципленков Д.В.		
розділів:			
Розділ 1	Ципленков Д.В.		
Розділ 2	Ципленков Д.В.		
Розділ 3	Ципленков Д.В.		
Розділ 4	Ципленков Д.В.		
Техніко-економічне обґрунтування	Тимошенко Л.В.		
Рецензент			
Нормоконтроль	Ципленков Д.В.		

Дніпро
2018

**Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
"Національний гірничий університет"**

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри

Відновлюваних джерел енергії

(повна назва)

Шкрабець Ф.П.

(прізвище, ініціали)

(підпис)

" _____ " _____ січня _____ 2018 року

ЗАВДАННЯ

на виконання кваліфікаційної роботи магістра (магістерської дисертації)

спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії)

студенту групи 141м-16-3 Дудник М.К.
(група) (прізвище та ініціали)

Тема магістерської дисертації Оцінка ефективності застосування відновлюваних джерел енергії для енергопостачання енергопасивних будинків.

1 ПІДСТАВИ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБОТИ

Наказ ректора ДВНЗ "НГУ" від 31 жовтня 2017 р № 1806-л

2 МЕТА ТА ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ

Об'єкт досліджень Забезпечення пасивного будинку опаленням та ГВП в умовах Дніпропетровської області.

Предмет досліджень Використання відновлюваних джерел енергії для забезпечення енергопотреб будинку.

Мета НДР Полягає у тому, щоб вибрати правильне поєднання джерел енергії для енергозабезпечення будинку.

Вихідні дані для проведення роботи Будинок, що знаходиться в Дніпропетровській області в с. Андріївці.

3 ОЧІКУВАНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

Наукова новизна Обґрунтування будівництва на території України пасивних будинків та використання для забезпечення їх енергоресурсами відновлюваних джерел енергії.

Практична цінність Полягає в розвитку будівництва пасивних будинків на території України.

4 ВИМОГИ ДО РЕЗУЛЬТАТІВ ВИКОНАННЯ РОБОТИ:

Апробація результатів на конференціях.

5 ЕТАПИ ВИКОНАННЯ РОБІТ

Найменування етапів робіт	Строки виконання робіт (початок-кінець)
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПАСИВНИЙ БУДИНОК	04.09.17-20.09.17
РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ	09.09.17-09.10.17
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА ГВП	09.10.17-09.11.17
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ФОТОГАЛЬВАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОСВІТЛЕННЯ	09.11.17-20.12.17
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	20.12.17-19.01.18

6 РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Економічний ефект Окупність даної будівлі складає менш ніж 12 років, а з урахуванням постійних зростань тарифів на енергоресурси, окупність може бути ще швидшою, це говорить про необхідність і правильність будівництва саме такого виду будинку.

Соціальний ефект Будівництво пасивних будинків може суттєво зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище та збільшити кількість робочих місць (організація підприємств з обслуговування та монтажу будинків).

7 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

Завдання видав

_____ (підпис)

Ципленков Д.В.

(прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання

_____ (підпис)

Дудник М.К.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі завдання: 04.09.2017

Термін подання дисертації до ЕК

22.01.2018

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка магістерської дисертації складається з: стор. 93, табл. 18, рисунків 13, джерел 24.

Тема: Оцінка ефективності застосування відновлюваних джерел енергії для енергопостачання енергопасивних будинків.

В першому розділі представлено визначення та історія створення енергопасивного будинку, загальна інформація про пасивний будинок, наведені приклади збудовані на території України та сучасні матеріали для будівництва таких будинків.

В другому розділі наведено розрахунок тепловтрат енергопасивного будинку. Також було виконано розрахунок теплової енергії, яка буде отримана від електроприладів та тепловиділень мешканців цього будинку.

В третьому розділі було виконано вибір типу теплового насосу для забезпечення опалення будинку та всіх потрібних комплектуючих до нього. Для гарячого водопостачання запропоновано застосувати вакуумні колектори та вибрана необхідна їхня кількість.

В четвертому розділі для забезпечення електроенергією приладів освітлення було виконано розрахунок та вибрано все необхідне обладнання для фотогальванічної системи.

В розділі техніко-економічного обґрунтування було виконано розрахунок капітальних та експлуатаційних витрат. Також було виконано розрахунок терміну окупності проекту.

Наукова новизна роботи полягає в обґрунтуванні будівництва на території України енергопасивних будинків та використання для забезпечення їх енергоресурсами відновлюваних джерел енергії.

Ключові слова: ЕНЕРГОПАСИВНИЙ БУДИНОК, ТЕПЛОВТРАТИ, ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ТЕПЛОВИЙ НАСОС, ГЕЛІОКОЛЕКТОР, ІНВЕРТОР, АККУМУЛЯТОРНА БАТАРЕЯ, СОНЯЧНА БАТАРЕЯ.

ABSTRACT

The explanatory note of the master's dissertation consists of: p. 93, Tabl. 18, drawings 13, sources 24.

Subject: Estimation of the efficiency of the use of renewable energy sources for the energy supply of power-consuming buildings.

The first section presents the definition and history of the creation of a power-passive building, general information about a passive house, examples given here on the territory of Ukraine and modern materials for the construction of such buildings.

In the second section is the calculation of the heat loss of the energy-bearing building. Also, the calculation of thermal energy, which will be obtained from electrical appliances and heat dissipation of the inhabitants of this building, was performed.

In the third section, the choice was made for the type of heat pump to provide the heating of the house and all the necessary components to it. For hot water supply it is suggested to use vacuum collectors and their required quantity is selected.

In the fourth section, for the provision of electricity for lighting devices, a calculation was made and all necessary equipment for the photovoltaic system was selected.

In the section of the feasibility study capital and operating costs were calculated. Also, the calculation of the payback period of the project was performed.

The scientific novelty of the work is to substantiate the construction of energy-saving buildings on the territory of Ukraine and the use of renewable energy sources for their maintenance of energy resources.

Keywords: ENERGY BUILDING, HEATER, ELECTRICITY, ENERGY SAVING, HEAT PUMP, HELIO-COLLECTOR, INVERTER, ACCUMULATOR BATTERY, SOLAR BATTERY.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПАСИВНИЙ БУДИНОК	11
1.1. Визначення та історія створення пасивного будинку	11
1.1.1 Визначення пасивного будинку	11
1.1.2 Історія створення пасивного будинку	12
1.2. Загальна інформація про пасивний будинок	15
1.2.1 Класи стандарту пасивного будинку	15
1.2.2 Класифікація будівель за їх енергоощадністю	16
1.2.3 Конструкція пасивного будинку	16
1.3. Енергопасивне будівництво в Україні	22
1.3.1 Приклади пасивних та енерговигідних екобудинків в Україні	23
1.4. Огляд сучасних матеріалів для будівництва енергопасивного будинку	26
1.4.1 Каркасний будинок	26
1.4.2 Будинок з бруса	27
1.4.3 Будинок з колоди	28
1.4.4 Будинки з цегли	29
1.4.5 Будинки з піноблоків та газоблоків	30
1.4.6 Монолітно–каркасний будинок	31
Висновки до розділу 1	33
РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ	34
2.1 Характеристика індивідуальної побудови	34
2.2 Розрахунок тепловтрат будинку	36
2.3 Визначення кількості теплоти, яка може бути отримана від електроприладів та інших тепловиділень	43
Висновки до розділу 2	50
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА ГВП	51
3.1 Розрахунок теплового насосу	51

3.2	Визначення теплового навантаження на ГВП та площі колектора	57
	Висновки до розділу 3	61
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ФОТОГАЛЬВАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОСВІТЛЕННЯ		62
4.1	Визначення енергоспоживання та потужності інвертору	62
4.2	Визначення значення необхідної ємності акумуляторних батарей та їх кількості	64
4.3	Визначення необхідної кількості сонячних батарей	66
	Висновки до розділу 4	74
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ		75
5.1	Розрахунок капітальних витрат	75
5.2	Розрахунок експлуатаційних витрат	77
5.2.1	Амортизаційні відрахування	77
5.2.2	Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт	79
5.2.3	Розрахунок вартості спожитої електроенергії	79
5.3	Визначення терміну окупності	80
	Висновки розділу 5	82
ВИСНОВКИ		83
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		85
ДОДАТОК А. КРЕСЛЕННЯ ЕНЕРГОПАСИВНОГО БУДИНКУ		87
A1	– Креслення першого поверху	88
A2	– Креслення другого поверху	89
	Експликація приміщень	90
A3	– Креслення фасадів.	91
A4	– План даху. Розріз 1–1	93

ВСТУП

Ще до недавнього часу мешканці України майже не замислювалися над таким питанням, як економія енергоресурсів. Це було пов'язано з тим, що всі тарифи на ресурси в нашій країні були низькими. Проте за останні декілька років спостерігається тенденція швидкого зростання цін на тарифи всіх видів ресурсів. У зв'язку з цим люди почали приділяти більше уваги енергозбереженню, адже це дозволяє їм заощаджувати на цьому від 20% до 45% сплачених коштів.

На даний момент найактуальнішим є питання, пов'язане зі споживанням енергії житловими і громадськими будівлями. Основне завдання сьогодні – зведення нових утеплених будівель, які дозволять економити енергетичні ресурси, а також реконструкція старого житлового фонду за допомогою сучасних енергозберігаючих матеріалів.

Суть пасивного будинку полягає в економії вже 80% енергії на експлуатаційних витратах тільки за допомогою відповідного архітектурного проектування, а також використання системи контрольованої припливно-витяжної вентиляції з рекуперацією та альтернативних джерел енергії.

Для будівництва, як правило, вибираються екологічно коректні матеріали, часто традиційні – дерево, камінь, цегла. Останнім часом часто будують пасивні будинки з продуктів рециклізації неорганічного сміття – бетону, скла і металу. У Німеччині побудовані спеціальні заводи з переробки подібних відходів в будівельні матеріали для енергоефективних будівель.

Енергоспоживання будівель на Україні становить 43-45% від загального обсягу споживаної теплової енергії, в тому числі: експлуатація будівлі – 90%; виробництво будматеріалів – 8%; процес будівництва – 2%. В Європі на енергоспоживання будівель витрачається 20-22%, від загального споживання теплової енергії.

Середнє споживання енергії в будівлях, побудованих в 50-70-х роках, становить від 200 до 350 кВт*год/м² рік. Аналіз структури енергоспоживання

показує, що в цих будівлях до 70-80% енергії витрачається на опалення і по 10-12% на гаряче водопостачання та електропостачання.

Сучасні будівельні норми в Європейських країнах встановлюють споживання енергії на рівні 80-100 кВт*год/м² рік. Визначальним фактором, що дозволяє забезпечувати такий норматив, є застосування ефективної теплової ізоляції в будівельних конструкціях.

Слід зауважити, що в більшості країнах Європи та інших розвинених країнах світу на сьогоднішній день заборонено будувати типові будинки, в цих країнах дозволяється будівництво лише енергоефективних будинків.

Ідеальний пасивний будинок – повністю незалежна і замкнута на собі система, яка не потребує витрат на підтримання необхідної температури в будь-яку пору року.

Хоча на сьогоднішній день будівництво пасивних будинків часто не дозволяє повністю відмовитися від активного опалення та охолодження (в залежності від клімату конкретного регіону та середньорічних температурних коливань), вона істотно знижує витрати на підтримку в приміщенні комфортного мікроклімату. Енергоефективність об'єкта підвищується в рази, а його показники – незрівнянні зі звичайними будинками.

Актуальність теми: До актуальності цієї теми можливо віднести те, що цей стандарт є досить новим та постійно розвивається, з роками стає лише кращим. Проживаючи в пасивному будинку, люди майже відразу відчувають різницю, так як комфорт та умови в таких будинках значно краще. Але головним є те, що в таких будинках досягається високий рівень економії власних коштів на всі види енергоресурсів, саме тому пасивні будинки з кожним роком стають все актуальнішими.

Об'єкт дослідження: Забезпечення пасивного будинку опаленням та ГВП в умовах Дніпропетровської області.

Предмет дослідження: Використання відновлюваних джерел енергії для забезпечення енергопотреб будинку.

Мета дослідження: Полягає у тому, щоб вибрати правильне поєднання джерел енергії для енергозабезпечення будинку.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Аналіз інформації про пасивні будинки;
2. Визначення теплових навантажень;
3. Розрахунок систем опалення та ГВП;
4. Розрахунок фотогальванічної системи для освітлення.

Наукова новизна роботи полягає в наступному: Обґрунтування будівництва на території України пасивних будинків та використання для забезпечення їх енергоресурсами відновлюваних джерел енергії.

Практична цінність роботи: Полягає в розвитку будівництва пасивних будинків на території України.

Економічний ефект: Окупність даної будівлі складає менш ніж 12 років, а з урахуванням постійних зростань тарифів на енергоресурси, окупність може бути ще швидшою, це говорить про необхідність і правильність будівництва саме такого виду будинку.

Соціальний ефект: Будівництво пасивних будинків може суттєво зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище та збільшити кількість робочих місць (організація підприємств з обслуговування та монтажу будинків).

Апробація результатів дослідження: Результати роботи були представлені на:

- VIII Всеукраїнській науково-технічній конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Наукова весна-2017» (ДВНЗ «НГУ», 29-30 березня 2017 р.) – доповідь «Будівництво «легкого» пасивного будинку»;
- міжнародній науково-практичній конференції «Енергоефективність та енергозбереження 2017» (ДВНЗ «НГУ», 16-17 листопада 2017 р.) – доповідь “Estimating efficiency of the renewable energy Sources use for energy supply to energy-saving building”.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПАСИВНИЙ БУДИНОК

1.1. Визначення та історія створення пасивного будинку

1.1.1 Визначення пасивного будинку

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

В умовах зростання цін на електроенергію і тепло, гостро стоїть питання експлуатаційних витрат на житло. Показником енергоефективності об'єкта служать втрати теплової енергії з квадратного метра ($\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$) на рік або в опалювальний період. В середньому становить 100–120 $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$. Енергозберігаючою вважається будівля, де цей показник нижче 40 $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$. Для європейських країн цей показник ще нижчий – близько 10 $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$.

Досягається зниження споживання енергії в першу чергу за рахунок зменшення тепловтрат будівлі.

Архітектурна концепція пасивного будинку базується на принципах: компактності, якісного та ефективного утеплення, відсутність містків холоду в матеріалах і вузлах примикань, правильної геометрії будівлі, зонування, орієнтації по сторонах світу. З активних методів в пасивному будинку обов'язковим є використання системи припливно–витяжної вентиляції з рекуперацією.

В ідеалі, пасивний будинок повинен бути незалежною енергосистемою, взагалі не вимагає витрат на підтримку комфортної температури. Опалення пасивного будинку має відбуватися завдяки теплу, що виділяють люди, що

живуть в ньому і побутовими приладами. При необхідності додаткового «активного» обігріву, бажаним є використання альтернативних джерел енергії. Гаряче водопостачання також може здійснюватися за рахунок установок поновлюваної енергії: теплових насосів або сонячних водонагрівачів. Вирішувати проблему охолодження/кондиціонування будівлі також передбачається за рахунок відповідного архітектурного рішення, а в разі необхідності додаткового охолодження – за рахунок альтернативних джерел енергії, наприклад, геотермального теплового насоса.

Іноді визначення «пасивний будинок» плутають з системою «розумний будинок», одним із завдань якої є забезпечення контролю енергоспоживання будівлі. Також відрізняється система «активного будинку», яка крім того, що мало витрачає енергії, ще й сама виробляє її стільки, що може не тільки забезпечувати себе, а й віддавати в центральну мережу (будинок з позитивним енергобалансі).

1.1.2 Історія створення пасивного будинку

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

До сучасних експериментів підвищення енергозбереження будівель можна віднести споруда, побудована в 1972 році в місті Манчестер в штаті Нью-Гемпшир (США). Воно було кубічної форммм, що забезпечувало мінімальну поверхню зовнішніх стін, площа скління не перевищувала 10%, що дозволяло зменшити втрати тепла за рахунок об'ємно-планувального рішення. За північного фасаду було відсутнє скління. Покриття плоскої покрівлі було виконано в світлих тонах, що зменшувало її нагрівання і, відповідно, знижу-

вало вимоги до вентиляції в теплу пору року. На покрівлі будинку були встановлені сонячні колектори.

У 1973–1979 роках був побудований комплекс «ECONO–HOUSE» в місті Отаніємі, Фінляндія. У будівлі, крім складного об'ємно–планувального рішення, що враховує особливості розташування і клімату, була застосована особлива система вентиляції, при якій повітря нагрівався за рахунок сонячної радіації, тепло якої акумулювалось спеціальними склопакетами і жалюзі. Також, в загальну схему теплообміну будівлі, що забезпечує енергозбереження, були включені сонячні колектори і геотермальна установка. Форма скатів покрівлі будівлі враховувала широту місця будівництва і кути падіння сонячних променів в різні пори року [1].

Концепція пасивного Будинку виникла в травні 1988 року з розмови між професором Бо Адамсоном з Лундського університету (Швеція), і Вольфгангом Файстом – засновником Інституту пасивного Будинку в місті Дармштадт (Німеччина), який працював на той час в Institut für Wohnen und Umwelt (Інститут Житла та Навколишнього середовища). 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. Ця концепція була зроблена на основі низки науково–дослідницьких проектів, спираючись на фінансову допомогу від німецької землі Гессен.

Першими пасивними будинками стали чотирьохрядні будинки (також відомі як таунхауси чи міські будинки), які були розроблені для чотирьох приватних клієнтів архітекторами професорами Ботт, Ріддер і Вестермеєр. Побудований перший пасивний будинок був в 1991 році в Німеччині (м. Дармштадт).



Рисунок 1.1 – Перший пасивний Будинок, побудований

У цьому будинку гаряче водопостачання забезпечувалося за допомогою сонячного колектора, а вентиляція була з рекуперацією. Над будинком постійно велися спостереження. В результаті 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. У наступних роках енергоспоживання будинку зменшилося ще на 15%. Цей пасивний будинок повністю виправдав всі очікування! [2]

З метою заохочення та подальшого розвитку Стандарту Пасивного Будинку, в 1996 році професор д-р Вольфганг Файст заснував Інститут Пасивного Будинку (м. Дармштадт, (Німеччина)).

Оцінки числа пасивних будинків в усьому світі в кінці 2008 року становила від 15000 до 20000 будівель. На той час переважна більшість пасивних будинків була побудована в німецькомовних країнах у Європі та Скандинавії. За станом на травень 2011 року налічувалося близько 32000 таких сертифікованих конструкцій всіх типів в Європі, у той час як у Сполучених Штатах Америки було всього 13, з декількома десятками більше в стадії будівництва [3].

1.2. Загальна інформація про пасивний будинок

1.2.1 Класи стандарту пасивного будинку

Відновлювані джерела енергії є ідеальним доповненням до ефективності стандарту Пасивного Будинку. З метою забезпечення надійного керівництва для цієї комбінації, Інститут Пасивного Будинку (PHI) започаткував нові категорії для сертифікації будівель.

Починаючи з публікації нової версії програми PHPP 9 (2015 р.) на додаток до вже існуючого стандарту Пасивного Будинку, який зараз має назву «Passive House Classic» («Пасивний будинок класик»), PHI заснував категорії сертифікації «Passive House Plus» («Пасивний будинок плюс») та «Passive house premium» («Пасивний Будинок Преміум»). Зосередивши увагу на критерії «Поновлюваної первинної енергії» (PER – Primary Energy Renewable), нова процедура сертифікації пасивних будинків служить основою для визначення категорії будівлі.

Як і раніше, попит енергії на опалення пасивного будинку не може перевищувати 15 кВт·год/(м² на рік). Ця вимога залишається незмінною для застосування. Але з введенням нових категорій, замість попиту на первинну енергію, який використовувався раніше, відтепер буде використовуватися попит на первинну енергію від поновлюваних джерел енергії (PER).

- Для категорії **пасивний будинок класичний** це значення буде дорівнюватися 60 кВт*год/(м² на рік).
- Будівля, побудована як **пасивний будинок плюс**, є більш ефективною, оскільки вона не може споживати відновлюваної первинної енергії більше, ніж 45 кВт*год/(м² на рік). пасивний будинок плюс також повинен генерувати принаймні 60 кВт*год/(м² на рік) енергії по відношенню до площі будівлі.
- Для пасивного будинку преміум попит на енергію обмежується тільки 30 кВт*год/(м² на рік), та щонайменш 120 кВт*год/(м² площі) енергії, що виробляється будівлею.

1.2.2 Класифікація будівель за їх енергоощадністю

В Європі існує наступна класифікація будівель за їх енергоощадністю:

- «Старі будівлі» (будівлі до 1970-х років) – потребують для свого опалення, як правило близько трьохсот кіловат-годин на метр квадратний на рік: **$300 \text{ кВт*год/м}^2\text{*рік}$** .
- «Нові будівлі» (ті що будувалися до 2000 року) – **$150 \text{ кВт*год/м}^2\text{*рік}$** .
- «Будівля низького споживання енергії» (з 2002 року не можна будувати нові будівлі за нижчим стандартом) – **$60 \text{ кВт*год/м}^2\text{*рік}$** .
- «Пасивна будівля» (є закон, відповідно до якого з 2019 року в Європі не можна буде будувати будівлі за нижчим стандартом, ніж пасивна будівля) – **$15 \text{ кВт*год/м}^2\text{*рік}$** .
- «Будівля нульової енергії» (будівля, що зовсім не потребує додаткової (крім тієї, що сама виробляє енергії на опалення) – **$0 \text{ кВт*год/м}^2\text{*рік}$** .
- «Будівля плюсової енергії» (тобто така, що виробляє за допомогою встановлених на ній сонячних батарей, колекторів, рекуператорів, теплових pomp, тощо більше енергії, ніж сама потребує).

Директива енергетичних показників в будівництві (Energy Performance of Buildings Directive), що її було прийнято країнами Євросоюзу в грудні 2009 року, вимагає з 1 січня 2020 року наближення усіх нових будівель до енергетичної нейтральності (тобто будівництва як мінімум пасивних будівель).

1.2.3 Конструкція пасивного будинку

Енергетичний баланс складається, щоб переконатися, що всі ці деталі ідеально узгоджені. Цей баланс, створений за допомогою *пакету планування пасивних будинків* PHPP, розробленого РНІ (Німеччина).

П'ять важливих складових пасивного будинку:

- виключно високий рівень теплоізоляції;

- добре ізольовані віконні рами з потрійним низько-енергетичним склом;
- конструкція вільні від теплових містків;
- герметична оболонка будівлі;
- комфортна вентиляція з високою ефективною рекуперацією тепла.

Ґрунтуючись здебільшого на європейських нормах, РНРР використовує численні перевірені і схвалені розрахунки для отримання попиту на опалення/охолодження та на первинну енергію будівлі, а також схильність будівлі до перегріву протягом року. Хоча програма РНРР була розроблена спеціально для планування пасивних будинків, цей інструмент може також використовуватися при проектуванні інших будівель, у тому числі – для моделювання та розрахунків енергетичних балансів при реконструкції/модернізації будівель різного призначення.

Для будівництва, як правило, вибираються екологічно коректні матеріали, часто традиційні – дерево, камінь, цегла. Останнім часом часто будують пасивні будинки з продуктів рециклізації і неорганічного сміття – бетона, скла і металу. В Німеччині побудовані спеціальні заводи з переробки таких відходів у будівельні матеріали для енергоефективних будівель.

Огороджувальні конструкції (стіни, вікна, дах, підлога), стандартних будинків мають досить великий коефіцієнт теплопередачі. Це призводить до значних втрат: наприклад, тепловтрати звичайного цегляного будинку – 250...350 кВт·год з м² опалювальної площі на рік.

Технологія пасивного будинку передбачає ефективну теплоізоляцію всіх огороджувальних поверхонь – не тільки стін, але і підлоги, стелі, горіща, підвалу і фундаменту. У пасивному будинку формується кілька шарів теплоізоляції – внутрішня і зовнішня. Це дозволяє одночасно не випускати тепло з будинку і не впускати холод всередину нього. Також проводиться усунення містків холоду в огороджувальних конструкціях. У результаті в пасивних будинках тепловтрати через огороджувальні поверхні не перевищують 15 кВт·год з 1 м² опалювальної площі на рік (для кліматичних умов

Центральної Європи) – практично у 20 разів нижче, ніж у звичайних будинках. На рис. 1.2 наведена фотографія, яка виконана в інфрачервоних променях. Вона показує, наскільки ефективна теплоізоляція пасивного будинку (праворуч) порівнюючи зі звичайним будинком (ліворуч)

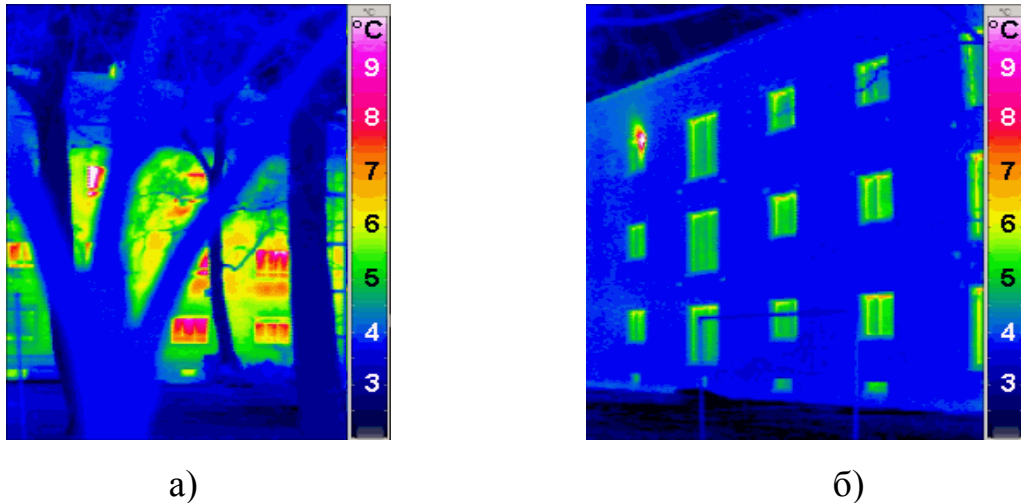


Рисунок 1.2 – Фотографія будинку в інфрачервоних променях
а – звичайний; б – з теплоізоляцією

Найважливішими принципами проектування енергоефективного пасивного будинку є:

- безперервний теплоізоляційний конверт (оболонка) навколо пасивного будинку, який зводить до мінімуму втрати тепла через зовнішні поверхні будинку.
- на додаток до теплоізоляційного конверту має бути герметичний шар (червона лінія на рис. 1.2, б), оскільки більшість теплоізоляційних матеріалів не є герметичними.
- дуже важливими є також заходи мінімізації теплових містків.

Останнє є дійсно настільки важливим, що було розроблено окремий метод: «Планування конструкцій без теплових містків».

Найважливішим принципом для заощадження енергії дійсно є саме теплоізоляція, а не акумулювання тепла. Високий рівень теплоізоляції завжди доводить свою ефективність. В існуючих будівлях на втрати тепла

через зовнішні стіни та дахи припадає понад 70 % від загальних теплових втрат. Таким чином, покращення теплоізоляції є найбільш ефективним способом економії енергії. Водночас це також допомагає поліпшити тепловий комфорт і запобігти пошкодженням будівельних конструкцій.

Запобігання теплових містків.

Теплові містки мають наступні негативні наслідки:

- Змінені, часто знижені значення температури на внутрішніх поверхнях зовнішніх стін. У гіршому випадку це може призвести до зволоження будівельних конструкцій і росту цвілі;

- Змінені, часто підвищені значення тепловтрат.

У пасивному будинку ці негативні впливи можуть бути запобігати, причому температури на всіх зовнішніх стінах залишаються досить високими, що не може більше призвести до негативного впливу вологи, також додаткові тепловтрати зневажливо малі. Якщо тепловтрати від теплових мостів менше ніж граничне значення лінійного коефіцієнта теплопередачі, встановлене 0,01 Вт /м², то така конструкція задовольняє критеріям «конструювання без теплових містків».

Герметичність

Традиційне уявлення про будівництво будинку ніколи не передбачає герметичність, як питання. Сьогодні досягнення стандарту пасивного будинку критично переплітається з його герметичністю. Герметичність впливає на ефективне використання енергії та комфорту в будинку. Під герметичністю мається на увазі наступне:

- Герметичність житла, або її повітропроникність, виражається в термінах витоку повітря в кубічних метрів на годину на квадратний метр площі конверту (оболонки) будинку, коли будівля піддається перепаду тиску 50 Паскаля (м³/год·м²).

- Площа конверту будинку визначено в цьому контексті, як загальна площа всіх підлог, стін і стель, що межують з будинком, включаючи елементи інших прилеглих опалювальних або неопалюваних просторів.

За вимогами стандарту пасивного будинку, неконтрольовані витoki повітря через зовнішню оболонку будівлі (герметичність) мають бути не більші, ніж $0,6 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$.

Вікна та двері пасивного будинку

Одним з найважливіших питань, що виникають при розробці пасивних будинків, є прагнення домогтися високого рівня герметичності будівлі, а також усунути причини утворення «містків холоду». Отже, вирішальне значення для досягнення низької потреби в енергії має значне скорочення втрат тепла. З цієї ж причини надзвичайно значну роль при будівництві Пасивних Будинків виконують вікна, які повинні бути одним з найважливіших елементів герметичної конструкції всього будинку, і одночасно, як перепон, характеризуватися найменшим коефіцієнтом теплопровідності.

Вікна пасивного будинку мають три характерні особливості:

- Потрійне скління з двома низькоемісійними покриттями і заповненням інертним газом або споріднені аналоги (наприклад, вікна з двома стулками з подвійним склінням у кожній);
- Теплоізольоване з'єднання скління з віконною рамою, застосування спеціальних дистанційних рамок по краях склопакетів («теплий край»);
- Теплоізольовані віконні рами.

Згідно з європейськими нормами (EN 10077) коефіцієнт теплопровідності для теплих вікон повинен становити менше ніж $0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ (або R_0 близько $1,25 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)}/\text{Вт}$). У Середній Європі тепловтрати через такі вікна досить низькі, тому навіть у нічний час у зимовий період температура на внутрішній поверхні вікна становить близько $+17 \text{ °C}$. За таких умов поряд з вікнами дуже комфортно. Біля вікон немає ні «холодного випромінювання», ні неприємних холодних зон на рівні підлоги. Тому вікна Пасивного Бу-

динку підвищують комфорт у приміщеннях. Найбільші вікна спрямовані на південь (у північній півкулі) і приносять у середньому більше тепла, ніж втрачають.

Само собою зрозуміло, що поряд з суперізованими енергоефективними вікнами, Пасивний Будинок вимагає також двері з відповідними коефіцієнтами теплопровідності. Температура поверхні дверей повинна бути досить високою, так, щоб зберігалось тепло від сонячних променів, та одночасно холодне повітря не могло проникнути у простір перед дверима. При розробці дверей Пасивного Будинку повинно бути досягнуто середнього коефіцієнту теплопровідності U -значення $0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. (відповідно до EN 10077).

Регулювання мікроклімату

На сьогоднішній день технології будівництва пасивних будинків далеко не завжди дозволяють відмовитися від активного опалення або охолодження, особливо в регіонах з постійно високими або низькими температурами, або різкими перепадами температур, наприклад, в зонах з континентальним кліматом. Тим не менш, органічною частиною пасивного будинку є система обігріву, кондиціонування і вентиляції, що витрачає ресурси більш ефективно, ніж у звичайних будинках.

Вентиляція

У звичайних будинках вентиляція здійснюється за рахунок природного спонукання руху повітря, який зазвичай проникає в приміщення через спеціальні пази у вікнах і віддаляється пасивними вентиляційними системами, розташованими в кухнях і санвузлах.

У енергоефективних будівлях використовується складніша система: замість вікон з відкритими пазами використовуються звукоізолюючі герметичні склопакети, а припливно-витяжна вентиляція приміщень здійснюється централізовано через установку рекуперації тепла. Додаткового підвищення

енергоефективності можна домогтися, якщо повітря виходить з дому і надходить у нього через підземний повітропровід, забезпечений теплообмінником. У теплообміннику підігріте повітря віддає тепло холодному повітрю.

Взимку холодне повітря входить в підземний повітропровід, нагріваючись там за рахунок тепла землі, і потім надходить в рекуператор. У рекуператорі відпрацьоване повітря, яке видаляється з приміщень, нагріває свіже повітря, а потім видаляється зовні. Нагріте свіже повітря, що постачається у будинок, в результаті має температуру близько 17 °С.

Влітку гаряче повітря, надходячи в підземний повітропровід, охолоджується там від контакту з землею приблизно до цієї ж температури. За рахунок такої системи в пасивному будинку постійно підтримуються комфортні умови. Лише іноді буває необхідно використання малопотужних нагрівачів або кондиціонерів (тепловий насос) для мінімального регулювання температури.

1.3. Енергопасивне будівництво в Україні

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, Кабінет Міністрів України прийняв Постанову від 1 березня 2007 р. N 323 Утворити Міністерство регіонального розвитку та будівництва України і Міністерство з питань житлово–комунального господарства України на базі Міністерства будівництва, архітектури та житлово–комунального господарства України, що реорганізується.

Мінрегіонбуд України має намір розробити програму підвищення енергоефективності в будівництві до 2020 року.

Ураховуючи 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.

1.3.1 Приклади пасивних та енерговигідних екобудинків в Україні

Перший пасивний екобудинок (Дім «Сонця») був споруджений в Україні у 2008 р.: «Пасивний житловий будинок в Києві» в базі даних Інституту пасивного Будинку в м. Дармштадт. У 2010 р. таких будівель в різних містах та селах України стало вже 9.

Приклади пасивних та енерговигідних екобудинків в Україні:

- «Будинок Сонця», пасивний екобудинок в Києві;
- пасивний екобудинок у чернігові;
- «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;
- «Пасивний екобудинок у стилі органічної архітектури» у Сімферополі. [2]

Характеристика проекту «Будинок Сонця» (рис. 1.3), пасивний екобудинок в Києві [4]:

Будинок складається з трьох окремо функціонуючих частин: – самого житлового будинку для однієї сім'ї з 5–6 чоловік, з басейном та сауною, бібліотекою і кабінетом;

– «вбудованої» однокімнатної квартири з окремим входом, своєю кухнею і ванною–пральнею; – а також – офісу архітектора (господині будинку) з окремим входом з вулиці для клієнтів.

Перший екологічно чистий і енергоефективний будинок в Києві спроектований з урахуванням основних вимог за енергетично-вигідною формою будівлі і з урахуванням орієнтації по сторонах світу.

Для будівництва будинку підібрані екологічно чисті будівельні матеріали (в першу чергу українського виробництва!). І енергоекономні інженерні системи, що забезпечують максимальний сучасний комфорт і здорову атмосферу для проживання сім'ї з 4–5 чоловік + 1 гість.

Маленький, розміром з килимок, сад «розширюється в висоту» за рахунок розташованих на південь від будівлі терас. Вони ж є і літнім сонцезахистом, відкритої зимовому сонцю і тепла південного боку будівлі.

Невеликий периметр будинку викликав об'ємне рішення будівлі, засноване на перепаді рівнів. Це дозволило значно збільшити корисну площу будівлі (328,2 м²), обсяг якого при цьому залишився мінімальним (980 м³).



Рисунок 1.3 – Розташування будинку

Дах будинку (рис. 1.4) має подвійну конструкцію і також утеплюється шаром в 25 см утеплювача (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 є "приставними" і також не порушують гомогенності оболонки утеплювача.



Рисунок 1.4 – «Будинок Сонця»

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: Офіційна база даних «пасивних будинків». [4]

Підігрів та охолодження будинку, як і підготовка гарячої води передбачені за допомогою сонячних колекторів (СінтСолар) і глибинного геотермального інверторного теплового насосу (IVT потужністю від 3 до 15 кВт). Для цього були пробурені чотири свердловини (кожна по 86 метрів) і прокладений земляний контур теплового насоса (320 м), іншими словами ґрунтовий теплообмінник ТН. Бак-акумулятор на 1000 л нагрівається (безкоштовним теплом) за допомогою сонячних колекторів. І тільки якщо їх потужності не вистачає (2–3 найхолодніших місяці на рік), тоді до підігріву акумулятора підключається і глибинний ТН.

Всі інженерні комунікації (вентиляційні канали, розводка під електрику, інтернет і т.д.) прокладені в перекриттях і стінах під заливку монолітним залізобетоном. Опалення/охолодження будівлі відбувається за допомогою системи випромінюючих площин (стін і підлоги), що дуже благотно впливає на здоров'я людини, викликає постійне відчуття комфорту, а також допомагає економити енергію на опалення/охолодження. При цьому труби опалення (прокладені по заземленою металевій сітці з вічком 40x40 мм) заштукатурюються глиною, що забезпечує постійну 50% вологість в примі-

щенні і, таким чином, є запорукою здорового клімату, відсутності мікробів і бактерій, і, як наслідок, забезпечує значне зниження ймовірності захворювань дихальних шляхів.

Підлога у всіх житлових приміщеннях (крім танцзалу, паркет під масловоском) виконаний з натурального лінолеуму – екологічно чистого матеріалу, що складається з стружки дерева, лляної олії і харчових барвників [5].

1.4 Огляд сучасних матеріалів для будівництва енергопасивного будинку

1.4.1 Каркасний будинок

Срок служби та технічні параметри сучасного каркасного будинку часто залишають далеко позаду традиційне дерев'яне житлове будівництво. Нові матеріали і технології дозволяють створити в каркасному будинку такий же внутрішній клімат, як і в традиційному дерев'яному, при цьому скоротити витрати на опалення в кілька разів. У каркасному будинку спочатку вдається закласти хороші теплотехнічні і вологісні характеристики. Такий будинок менш інертний, в ньому відсутня «сирість», що виникає, наприклад, в кам'яному будинку, він менш схильний до негативних впливів навколишнього середовища. Каркасний будинок – екологічно чистий, комфортний і енергоефективний (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Приклад каркасного будинка

Оскільки загальна вага каркасної конструкції набагато менша, ніж вага конструкції з колод, цегли або залізобетону, тому при будівництві каркасного будинку економія починається вже при установці фундаменту. Якщо ж на ділянці під будівництво «слабкий» ґрунт, то альтернативи каркасному будинку практично не існує. При каркасному будівництві можливо без серйозних фінансових вкладень додати зовнішньому вигляду і внутрішньому плануванню будинку практично будь-яку архітектурну форму. З'являється можливість втілити в життя оригінальні ідеї архітектора і дизайнера. Причому облицювання каркасного будинку можна виконати таким чином, що він не відрізнятиметься від будинку з цегли або, наприклад, від будинку з цілісних колод.

1.4.2 Будинок з бруса

Основною перевагою будівництва будинків з бруса (рис. 1.6) є те, що вони «дихають» і утримують тепло краще, ніж кам'яні будинки. У таких будинках складається більш приємний мікроклімат для людини. Дерев'яні будинки з бруса – безперечно, виглядають дуже красиво. Але згадані вище достоїнства мають місце тільки при правильній побудові і при виконанні всіх вимог до проектування і будівництва брускових будинків.

У будівництві будинків з бруса частіше використовуються хвойні породи: ялина, модрина, сосна, ялиця, кедр. А для будівництва несучих конструкцій будинку більше підходить сосна або модрина.



Рисунок 1.6 – Приклад будинка з бруса

Ці породи на відміну від ялини та ялиці менше схильні до процесів гниття. У Європі найбільше поширення отримала сосна, як найдоступніший будівельний матеріал. Листяні породи застосовуються значно рідше, з них найбільш використовувані дуб, бук, береза, ясен, осика. За структурою дерева є природним полімером, що утворюють її клітини – волокна спрямовані вздовж стовбура і мають трубчасту форму. Тому вона має цілу низку переваг: пружністю, високою міцністю, малою щільністю і вагою, низькою теплопровідністю, природною декоративністю, стійкістю до впливу хімічно агресивних середовищ, простотою обробки і монтажу. Особливе значення має низька теплопровідність деревини, оскільки, чим вона нижча, тим буде тепліше у вашому домі.

1.4.3 Будинок з колоди

Будівництво будинків з оциліндрованих колод (рис. 1.7) мають практично ті ж достоїнства і недоліки, що і брусові будинки, крім того, їх не можна утеплити, так як зовнішня поверхня стін є лицьовою. Перевагою дерев'яного будинку з колоди є те, що округла форма колоди дозволяє досягти щільного з'єднання колод. За євростандартом перепад діаметра оциліндрованої колоди не повинен перевищувати 2–4 мм.



Рисунок 1.7 – Приклад будинка з колоди

У процесі старіння оциліндровані колоди менше деформується і великим плюсом є те, що будинки, збудовані з оциліндрованих колод не вимага-

ють обробки, через майже однаковий діаметр і високу якість обробки. Завдяки своїм теплоізоляційним, енергозберігаючим і екологічним характеристикам дерево здобуло славу кращого будівельного матеріалу.

Необхідні пази і замки в оциліндрованій колоді мають математично вивірену форму і виконуються з дуже високою точністю – в результаті вінці оциліндрованого будинки мають мінімальні зазори, а колоди можуть з'єднуватися під будь-яким необхідним кутом.

1.4.4 Будинки з цегли

Будинки з цегли (рис. 1.8) десятки років будуть зберігати тепло, принести затишок їх господарям. Цегляний будинок – споруда, яка цілком може передаватися в спадщину протягом життя декількох поколінь, як мінімум протягом 100–150 років.



Рисунок 1.8 – Приклад будинку з цегл

Просторий цегляний будинок, не дивлячись на архітектуру, без тіні сумніву можна назвати фамільним будинком. Застосування сучасних теплоізоляційних матеріалів дозволяє впроваджувати ефективну технологію утеплення будинку. Утеплення стіни будинку, збудованого за такими технологіями, відповідає за тепло втрати звичайної цегляної стіни товщиною 2 метра.

Звичайна стіна з цегли товщиною 510 мм вже не проходить за сучасними теплотехнічним нормам наших широт. Щоб досягти необхідного опору теплопередачі стіни, сьогодні необхідно або робити її товщиною 610 мм, або утеплювати. Утеплення виконується двома способами: зсередини і зовні.

Основні переваги цегляних будинків:

- довговічність
- низька схильність до атмосферних впливів
- не схильність до біологічних факторів
- висока міцність конструкції
- високий ступінь захищеності від загоряння.

1.4.5 Будинки з піноблоків та газоблоків

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. Маючи великі розміри, вони дозволяють значно зменшити час і трудо–витрати на зведення зовнішніх стін і внутрішніх перегородок.

У наш час самим рекомендованим і мабуть самим затребуваним у будівництві стінових матеріалом є блоки з пінобетону або просто піноблоки. Піноблоки використовуються для кладки стін, огорожувальних конструкцій, перегородок, гаражів, дач, сільських будинків, заміських котеджів, а також виробничих будівель і споруд.

При цьому, в малоповерховому житловому будівництві будинків з піноблоків (рис. 1.9), а так само при будівництві будівель і споруд іншого призначення – важливо знати особливості експлуатації піноблоків та газоблоків як стінового будівельного матеріалу і технологічні рекомендації при роботі з піноблоками та газоблоками для виключення тих чи інших помилок як у

процесі будівництва житлових і нежитлових приміщень, так і в перспективі їх використання.



Рисунок 1.9 – Приклад будинку з піноблоків та газоблоків

В даний час все більшим попитом користується такий напрямок в будівництві, як зведення будинків і котеджів з пінобетонних та газобетонних блоків. Цей матеріал досить економічний, можете просто перевірити газоблоки ціна львів, чи в іншому місті, він відрізняється рядом специфічних властивостей і якостей від інших будівельних матеріалів в позитивну сторону.

1.4.6 Монолітно–каркасний будинок

Монолітне малоповерхове будівництво будинку займає мало часу в порівнянні з тим строком, який йде на зведення цегляних будинків. Практика показує, що будівництво каркасно–монолітних будинків можна завершити в 10 разів швидше.

Монолітно–каркасне будівництво (рис. 1.10) є одним з найбільш технологічних способів зведення будинків. Гнучкість технології монолітного будівництва котеджів дозволяє реалізувати будь–який архітектурний задум, створити будь–яку форму споруди і рельєф фасаду.



Рисунок 1.10 – Приклад монолітно–каркасного будинку

Монолітно–каркасне будівництво є одним з найбільш технологічних способів зведення будинків. Гнучкість технології монолітного будівництва котеджів дозволяє реалізувати будь–який архітектурний задум, створити будь–яку форму споруди і рельєф фасаду.

Внутрішнє планування будинку, зведеного за принципом монолітно–каркасного будівництва, володіє більшою свободою, ніж при іншому, більш традиційному способі споруди. Ви можете вибрати планування з відкритими просторами в сучасному європейському стилі.

Найчастіше складні ґрунти (пісок, торфовище) або неоднорідний рельєф ускладнюють будівництво будинків, а каркасно–монолітні будинки набагато легше котеджів, зведених з інших матеріалів. Каркасні заміські будинки практично не обмежені в поверховості, котедж може бути зведений на будь–якому ґрунті, на легкому і неглибокому фундаменті.

Монолітне індивідуальне будівництво вигідно – скорочені терміни зведення будинку дозволять істотно скоротити витрати. [6]

Висновки до розділу 1

Отже, пасивний будинок – хороше вкладення: оскільки отримується будівля, яка не шкодить довкіллю, і величезну економію на опаленні та електроенергії в майбутньому. Проте перед тим як вирішити, чи будувати типовий будинок чи пасивний, потрібно провести докладний розрахунок (який приведений в розділах 2-5), тому що за приблизними оцінками енергоефективний будинок обійдеться в середньому на 100 тисяч гривень дорожче.

З точки зору зменшення витрат можна розглянути варіант, в якому енергоефективність зменшиться приблизно до 50–70 кВт*год/м² на рік, але зате така міра дозволить значно скоротити витрати при будівництві. В умовах сьогоденної економічної ситуації таке рішення є одним з найбільш рентабельних.

Враховуючи тенденції до поширення застосування енергопасивних будівель використовуючі європейський стандарт розрахуємо цегляний енергопасивний будинок, в якому використовуються (частково) відновлювані джерела енергії (для системи освітлення, гарячого водопостачання та опалення). Для роботи електричних приладів застосовується електрична мережа.

РОЗДІЛ 2

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

2.1 Характеристика індивідуальної побудови

Будівля, що береться до розрахунку знаходяться в с. Андріївка, що знаходиться в Верхньодніпровському районі Дніпропетровської області.

Розрахункова географічна широта: 48°34'37" с. ш. [7]

Напрямок: південь. Креслення будівлі наведено у додатку А.

Для розрахунку даної будівлі були прийняті наступні погодні параметри, які занесені до табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні параметри для розрахунку теплових навантажень

Ср. річна $t^{\circ}\text{C}$	Абсолютний min	Абсолютний max	Ср. $t^{\circ}\text{C}$ max за найбільш спекотний місяць	Ср. $t^{\circ}\text{C}$ max за найбільш холодний місяць	Ср. $t^{\circ}\text{C}$ max за найбільш холодні 5 днів	Середньодобова температура повітря		Ср. $t^{\circ}\text{C}$ за найбільш холодний період
						Тривалість опалювального періоду, діб	Ср. $t^{\circ}\text{C}$	
8,5	- 38,2	+ 40,9	+ 32,5	- 29,6	- 24,1	128	- 3,6	- 10

Виконаємо розрахунок систем тепlopостачання двохповерхового будинку. В даному будинку є два поверхи та масандра.

Для будівництва фундаменту будинку (який збудовано на ущільненому ґрунті) використано: бетонної підготовки, пінополістирол екструдований, стяжки із цементно-піщаної суміші та мощеної плитки.

Перегородка між поверхами зроблена: вапняно-пісчаний розчин, дерев'яний щит накату, пароізоляції, сухий прожарений пісок, повітряного прошарку, лаги та дощок.

Перегородка між другим поверхом та масандрою зроблена: пішивки з вогнестійкого гіпсокартону, пароізоляції-сентитичної, мінеральної вати та гідробар'єрної-вітрозахисної синтетичної плівки.

Стіни будинку збудовані з використанням наступних матеріалів: внутрішньої штукатурки, несучої цегляної стіни, пінополістиролу екструдованого та облицювання з лицьової цегли.

Таблиця 2.2 – Розрахункові геометричні характеристики будівлі

№ поверху	Площа, м ²	Розмір вікон, м	Кількість вікон, шт.	Площа вікон, м ²	Розмір дверей, м	Кількість дверей, шт.	Площа дверей, м ²	Висота поверху, м
1-й	88,18	1,98x1,6	3	3,168	1,8x2,	1	3,78	2,8
		1,38x0,8	2	1,104	1	2	2	
		0,78x0,9	2	0,704	1x2	1	7,5	
		0,48x0,3	1	0,144	3x2,5			
2-й	104,22	1,98x1,6	2	3,168	-	-	-	2,7
		1,38x0,8	2	1,104				
		0,48x0,3	3	0,144				
Масандра	48,9	-	-	-	-	-	-	2,5

2.2 Розрахунок тепловтрат будинку

Сьогодні багато сімей вибирають для себе заміський будинок як місце постійного проживання або цілорічного відпочинку. Однак його зміст, і особливо оплата комунальних послуг, – досить затратні, при цьому більшість домовласників – зовсім не олігархи. Одна з найбільш значних статей витрат для будь-якого домовласника – це витрати на опалення. Щоб мінімізувати їх, необхідно ще на стадії будівництва котеджу задуматися про енергозбереження.

Власне, опалювати будинок потрібно для того, щоб постійно підтримувати в ньому комфортну температуру, незалежно від того, що діється на вулиці. При цьому потрібно враховувати тепловтрати як через огорожувальні конструкції, так і через вентиляцію, тому що тепло йде разом з нагрітим повітрям, замість якого надходить охолоджене, а також той факт, що певна кількість тепла виділяють люди, що знаходяться в будинку, побутова техніка, лампи розжарювання і т.п.

Тепловтрати через огорожувальні конструкції (покрівлю, стіни, підлогу).

Формула для визначення інтенсивності тепловтрат Q , Вт:

$$Q = \frac{\Delta t}{R_0} * S, \quad (2.1)$$

де Δt – різниця температур, $^{\circ}\text{C}$;

R_0 – коефіцієнт опору теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$;

S – площа стін, покрівлі, підлоги, вікон і дверей, м^2 .

Визначаємо величину різниці температур, Δt , $^{\circ}\text{C}$:

$$\Delta t = t_{\text{комф.}} - t_{\text{сер.}}, \quad (2.2)$$

де $t_{\text{комф.}}$ – комфортна температура в будинку, ($t_{\text{комф.}}=+23\text{ }^{\circ}\text{C}$);

$t_{\text{сер.}}$ – середньорічна температура повітря для Дніпропетровської області, ($t_{\text{сер.}}=+8,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) [8].

$$\Delta t = 23 - 8,5 = 14,5\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Стіни:

Площа стін будинку (для 1 та 2 поверху) буде, $S_{\text{стін}}$, м^2 :

$$S_{\text{стін}} = (a * b * 2) * c, \quad (2.3)$$

де a, b, c – довжина, ширина та висота будинку, м.

$$S_{\text{стін1}} = ((11,7 + 9,7) * 2) * 2,8 = 119,8\text{ м}^2.$$

$$S_{\text{стін2пов.}} = ((11,7 + 9,7) * 2) * 2,7 = 115,5\text{ м}^2.$$

Враховуємо те, що лише через половину другого поверху втрати відбуваються через стіни, а в іншій через покрівлю.

Площа стіни другого поверху будинку, втрати тепла якої відбуваються через стіну, $S_{\text{стін2}}$, м^2 :

$$S_{\text{стін2}} = \frac{115,5}{2} = 57,75\text{ м}^2 \quad (2.4)$$

Однак з цього потрібно відняти площу вікон і дверей, для яких ми розрахуємо тепловтрати окремо.

Знаходимо площу вхідних дверей (в донному будинку всі двері знаходяться на 1 поверху; це троє вхідних дверей та ворота до гаражу),

$S_{\text{дверей}}$, м^2 :

$$S_{\text{дверей}} = a * b, \quad (2.5)$$

де a, b – довжина та висота дверей, м.

$$S_{\text{дверей}1} = 1,8 * 2 = 3,6 \text{ м}^2 ;$$

$$S_{\text{дверей}2} = 1 * 2,1 = 2,1 \text{ м}^2 \text{ (таких дверей двоє);}$$

$$S_{\text{дверейВорота}} = 3 * 2,5 = 7,5 \text{ м}^2 .$$

Загальна площа дверей буде становити, $S_{\text{дверей.заг}}$, м^2 :

$$S_{\text{дверей.заг}} = 3,6 + 2,1 * 2 + 7,5 = 15,3 \text{ м}^2. \quad (2.6)$$

В донному будинку є 15 вікон різних розміром, та розташованими на різних поверхах.

Знаходимо площу вікон, $S_{\text{вікон}}$, м^2 :

$$S_{\text{вікон}} = a * b, \quad (2.7)$$

де a, b – довжина та висота вікон, м;

$$S_{\text{вікон}1} = 1,98 * 1,6 = 3,2 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{вікон}2} = 1,38 * 0,8 = 1,1 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{вікон}3} = 0,78 * 0,9 = 0,7 \text{ м}^2;$$

$$S_{\text{вікон}4} = 0,48 * 0,3 = 0,144 \text{ м}^2.$$

На першому поверху є: 2 – $S_{\text{вікон}1}$, 2 – $S_{\text{вікон}2}$, 2 – $S_{\text{вікон}3}$, 1 – $S_{\text{вікон}4}$.

Відповідно загальна площа вікон на першому поверсі, $S_{\text{вікон}1\text{пов}}$, м^2 :

$$S_{\text{вікон1пов}} = 2 * 3,2 + 2 * 1,1 + 2 * 0,7 + 1 * 0,144 = 10,144 \text{ м}^2. \quad (2.8)$$

На другому поверху є: 2 – $S_{\text{вікон1}}$, 2 – $S_{\text{вікон2}}$, 3 – $S_{\text{вікон4}}$.

Відповідно загальна площа вікон на другому поверсі, $S_{\text{вікон2пов}}$, м^2 :

$$S_{\text{вікон2пов}} = 2 * 3,2 + 2 * 1,1 + 3 * 0,144 = 9,032 \text{ м}^2.$$

Відповідно розраховуємо площу стін з віднімання площ вікон та дверей, S , м^2 :

$$\begin{aligned} S_1 &= S_{\text{стін}} - S_{\text{дверей}} - S_{\text{вікон}} = 119,8 - 15,3 - 10,144 = 94,3 \text{ м}^2; \\ S_2 &= 57,75 - 9,032 = 48,4 \text{ м}^2. \end{aligned} \quad (2.9)$$

Знаходимо загальну площу всіх стін S , м^2 :

$$S = S_1 + S_2 = 48,4 + 106,5 = 154,9 \text{ м}^2. \quad (2.10)$$

Для вибору коефіцієнт опору теплопередачі стін, потрібно враховувати всі матеріали з яких ця стіна побудована. В даному будинку: внутрішньої штукатурки – $0,3 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$, несучої цегляної стіни – $0,67 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$, пінополістиролу екструдованого – $0,03 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$ та облицювання з лицьової цегли – $0,93 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$. [9]

Розраховуємо тепловиділення стін, Q_c , Вт:

$$Q = \frac{14,5}{1,93} * 154,9 = 1163,7 \text{ Вт}.$$

Покрівля:

Для розрахунку будемо вважати, що опір теплопередачі покрівельного пирога дорівнює опору теплопередачі матеріалів з, яких він складається. До цих матеріалів відносяться: базова керамічна черепиця – 0,9 Вт/(м*°С), опорні лати, проміжні лати, крокви, утеплювач з мінеральної вати – 3,4 Вт/(м*°С), пароізоляційна плівка – 0,041 Вт/(м*°С), підшивка. [9]

Розраховуємо площу покрівлі, $S_{\text{покр}}$, м²:

$$S_{\text{покр}} = \frac{a * b}{\cos i}, \quad (2.11)$$

де a, b – ширина та довжина покрівлі, м;

$\cos i$ – кут нахилу двосхилої покрівлі, ($\cos i = 40^\circ$).

$$S_{\text{покр}} = \frac{14 * 13,2}{\cos 40^\circ} = 277,08 \text{ м}^2$$

Розраховуємо тепловиділення покрівлі, $Q_{\text{покр}}$, Вт:

$$Q_{\text{покр}} = \frac{14,5}{4,341} * 277,08 = 925,5 \text{ Вт}$$

Підлога:

Визначення опору теплопередачі підлоги виконуємо, так як стін на покрівлі: ущільненому ґрунті – 1,05 Вт/(м*°С), бетонної підготовки – 0,56 Вт/(м*°С), пінополістирол екструдований – 0,03 Вт/(м*°С), стяжки із цементно-піщаної суміші – 0,3 Вт/(м*°С) та мощеної плитки – 0,07 Вт/(м*°С). [9]

Розраховуємо площу підлоги, $S_{\text{підл}}$, м²:

$$S_{\text{підл}} = a * b, \quad (2.12)$$

де a, b – відповідно довжина та ширина підлоги, м.

$$S_{\text{підл}} = 11,7 * 9,7 = 113,5 \text{ м}^2$$

Розраховуємо тепловиділення підлоги, $Q_{\text{підл}}$, Вт:

$$Q_{\text{підл}} = \frac{14,5}{2,01} * 113,5 = 818,8 \text{ Вт}$$

Двері і вікна:

В даному будинку будуть встановлені подвійна дерев'яні двері і їх опір теплопередачі приблизно дорівнює відповідно $0,21 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$. Що до вікон, то буде встановлений звичайний двокамерний склопакет, його опір теплопередачі $0,5 \text{ Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{C})$. [9]

Розраховуємо тепловиділення дверей та вікон, $Q_{\text{дверей}}$, $Q_{\text{вікон}}$, Вт:

$$Q_{\text{дверей}} = \frac{14,5}{0,21} * 15,3 = 1056,4 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{вікон}} = \frac{14,5}{0,5} * 19,176 = 556,1 \text{ Вт}$$

Вентиляція:

За будівельним нормам коефіцієнт повітрообміну для житлового приміщення повинен бути не менше $0,5$, а краще - 1 , тобто за годину повітря в приміщенні повинен оновлюватися повністю. Повітря необхідно нагріти від вуличної температури ($+8,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) до температури приміщення ($+23 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

Питома теплоємність повітря – це кількість теплоти, необхідне для підвищення температури 1 кг речовини на 1 °С – дорівнює приблизно 1,01 кДж / кг*°С. При цьому щільність повітря в заданому діапазоні температур становить приблизно 1,25 кг / м³, тобто маса 1 його кубометра дорівнює 1,25 кг. Загальна висота буде 8 м.

Розраховуємо енергію, яку буде потрібно для нагріву повітря на кожний квадратний метр площі, E, кДж/год:

$$E = 1,01 * 1,25 * 8 * 14,5 = 146,45 \text{ кДж/год.} \quad (2.13)$$

З урахуванням площі стін отримаємо $Q_{\text{вент}}$, Вт:

$$Q_{\text{вент}} = 146,45 * 154,9 = 22685 \text{ кДж/год} \rightarrow 6301,4 \text{ Вт.} \quad (2.14)$$

Отримані результати тепловиділення заносимо до табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Результати розрахунків

Тепловтрати через	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$S, \text{ м}^2$	$R_0, \text{ Вт}/(\text{м}^\circ\text{C})$	Q, Вт
Стіни	14,5	154,9	1,93	1163,7
Покрівля	14,5	277,08	4,341	925,5
Підлога	14,5	113,5	2,01	818,8
Двері	14,5	15,3	0,21	1056,4
Вікна	14,5	1). 10,144 2). 9,032	0,5	556,1
Вентиляція	14,5	–	–	6301,4
Всього:	–	–	–	10821,9

2.3 Визначення кількості теплоти, яка може бути отримана від електроприладів та інших тепловиділень

Визначаємо енергія, яку можливо отримати від мешканців будинку та електроприладів:

В даному будинку буде мешкати сім'я з чотирьох осіб: двоє дорослих та двоє дітей. Норма харчування дорослої людини – 2600-3000 калорій на добу, що еквівалентно потужності тепловиділення в 126 Вт. Тепловиділення дитини будемо оцінювати в половину тепловиділення дорослого. Мешканці будинку в середньому проводять 2/3 всього часу в будинку. [10]

Відповідно до наведених вище даних розраховуємо потужності тепловиділення, $Q_{\text{виділ.м}}$, Вт:

$$Q_{\text{виділ.м}} = \left(2 * 126 + 2 * \frac{126}{2} \right) * \frac{2}{3} = 252 \text{ Вт} \quad (2.15)$$

Розрахунок кількості ламп в будівлі:

В даному будинку є 14 різних кімнат, в яких знаходяться світлодіодні лампи, потужністю 12 Вт. Відповідно для визначення їхньої кількості виконується розрахунок. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення» визначається потрібна освітленість приміщень, ці дані занесені до табл. 2.4. [11]

Таблиця 2.4 – Освітленість приміщень

Назва	Площа приміщення, м ²	Найменша освітленість, Е, лк
1	2	3
Тамбур	3	50
Хол	14,3	50
Кухня	8,73	150

Продовження табл. 2.4

1	2	3
Їдальня	11,93	150
Санвузол	2,99	50
Загальна кімната	17,91	150
Котельня	9,92	20
Гараж	19,4	50
Хол	19,4	50
Спальня	18,91	150
Кабінет	16,66	300
Спальня	28,87	150
Санвузол	12,82	50
Гардеробна	7,56	20
Масандра	48,9	100

Приводиться приклад розрахунку для однієї з спальних кімнат.

Розраховуємо питому потужність для необхідного рівня освітлення,

$$P_{\text{пит}}^{\text{тр}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}:$$

$$P_{\text{пит}}^{\text{тр}} = P_{\text{пит}} * \frac{E}{100}, \quad (2.16)$$

де $P_{\text{пит}}$ – питома потужність, для Світлодіодних ламп $P_{\text{пит}} = 2,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$,

E – потрібна освітленість приміщення, лк.

$$P_{\text{пит}}^{\text{тр}} = 2,5 * \frac{150}{100} = 3,75 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

Визначаємо загальну потужність ламп для приміщення, $P_{\text{заг}}$, Вт:

$$P_{\text{заг}} = P_{\text{пит}}^{\text{тр}} * F, \quad (2.17)$$

де F – площа даного приміщення, м².

$$P_{\text{заг}} = 3,75 * 28,87 = 108,3 \text{ Вт}$$

Приймаємо до обслуговування Світлодіодні лампи $P_{\text{лампи}} = 12 \text{ Вт}$.

Визначаємо необхідну кількість ламп для кімнати, N , шт.:

$$N = \frac{P_{\text{заг}}}{P_{\text{лампи}}} = \frac{108,3}{12} = 9 \text{ шт} \quad (2.18)$$

Відповідно для економії електроенергії приймаємо не 9, а 6 ламп для освітлення цього приміщення. Для останніх кімнат виконується аналогічний розрахунок, результати якого заносяться до табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Кількість ламп

Назва	Кількість ламп, шт..
1	2
Тамбур	1
Хол	1
Кухня	2
Їдальня	3
Санвузол	1
Загальна кімната	5
Котельня	1

Продовження табл. 2.5

1	2
Гараж	2
Хол	2
Спальня	6
Кабінет	6
Спальня	6
Санвузол	1
Гардеробна	1
Масандра	8
Всього:	46

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

$$P_{\text{сум}} = 46 * 12 = 552 \text{ Вт} \quad (2.19)$$

Для правильного рахування потужності освітлення, потрібно врахувати такий показник, як коефіцієнт попиту, для даного типу будівля він становить 0,8.

Знаходимо розрахункову потужність ламп з урахування коефіцієнту попиту, $P_{\text{осв}}$, Вт:

$$P_{\text{осв}} = 552 * 0,8 = 441,6 \text{ Вт} \quad (2.20)$$

Світлодіодні лампи є більш енергозберігаючими ніж лампи накаливання, які перетворюють в тепло приблизно 85% споживаної потужності. Світлодіодні натомість перетворюють не більше 20% в тепло.

Розраховуємо потужності тепловиділення ламп, $Q_{\text{виділ.л}}$, Вт:

$$Q_{\text{виділ.л}} = 441,6 * 0,2 = 88,32 \text{ Вт} \quad (2.21)$$

Побутова техніка виділяє близько 30% тепла максимальної споживаної потужності. Для вирахування цієї потужності краще скористатися табл. 2.6. [12].

Таблиця 2.6 – Потужність споживачів

№	Назва споживача	Потужність, Вт	Кількість, шт	Загальна потужність, Вт
1	2	3	4	5
1	Мікрохвильова піч	1300	1	1300
2	Чайник	2300	1	2300
3	Холодильник	500	1	500
4	Телевізор	200	4	800
5	Комп'ютер	250	2	500
6	Пилосос	1200	1	1200
7	Кухонна витяжка	300	1	300
8	Пральна машина	1500	1	1500
9	Праска	1400	1	1400
10	Кавова машина	2000	1	2000
11	Посудомийна машина	1500	1	1500
12	Електрична плита	4000	1	4000
13	Вентиляційна установка	2500	12	2500
14	Праски для завивання волосся	90	1	90
15	Принтер	45	1	45

Продовження табл. 2.6

1	2	3	4	5
16	Ноутбук	50	1	50
17	Гральна приставка	195	1	195
18	Безпроводний телефон	3	1	3
19	Роутер Wi-Fi	7	1	7
20	Акваріум	30	1	30
21	Кімнатні люмінесцентні лампи	18	2	36
22	Зарядки для мобільних телефонів	4	4	16
23	Тепловий насос	2400	1	2400
24	Всього:			22672

Зведений графік навантаження приведених вище приладів наведено на рисунку 2.1.

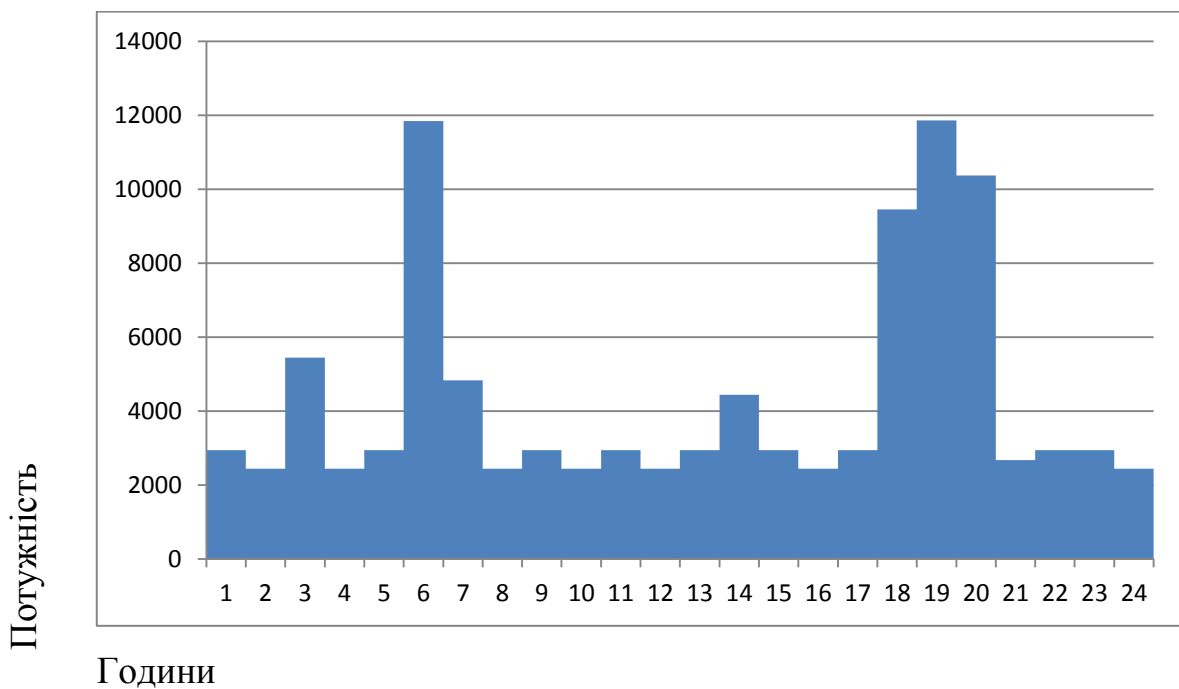


Рисунок 2.1 – Добовий графік навантаження

Відповідно з діаграми, що зображена на рисунку 2.1 слідує, що добова середня потужність споживачів електроенергії приблизно становить 4352 Вт.

Розраховуємо потужності тепловиділення електроприладів, $Q_{\text{виділ.п}}$, Вт:

$$Q_{\text{виділ.п}} = 4352 * 0,3 = 1305,6 \text{ Вт} \quad (2.22)$$

Розрахуємо сумарну потужності тепловиділення, $Q_{\text{виділ}}$, Вт:

$$\begin{aligned} Q_{\text{виділ}} &= Q_{\text{виділ.м}} + Q_{\text{виділ.л}} + Q_{\text{виділ.п}} = 252 + 88,32 + 1305,6 = \\ &= 1645,92 \text{ Вт} \end{aligned} \quad (2.23)$$

Складаємо баланс тепловтрат:

$$10821,9 \text{ Вт} > 1645,92 \text{ Вт}$$

Таким чином знаючи розраховані вище показники, можливо визначити потужність системи опалення.

Розраховуємо потужність розрахункову для системи опалення, $Q_{\text{опал}}$, Вт:

$$Q_{\text{опал}} = 10821,9 - 1645,92 = 9175,98 \text{ Вт} \quad (2.24)$$

Проте зважаючи на те, що розрахунок тепловтрат вівся для середньої температури повітря, нам потрібно буде це врахувати та зробити вибір системи опалення, яка б змогла покрити всі тепловтрати.

Висновки до розділу 2

В даному розділі було виконано розрахунок тепловтрат будинку з урахування всіх його особливостей (кількості поверхів, кількості дверей та вікон, будівельного матеріалу з якого складається стіна а також кліматичні умови в регіоні де збудовано даний будинок). Враховуючи все це втрати склали $Q=10821,9$ Вт.

Також у розділі були приведені розрахунок енергії, яку можливо отримати від мешканців (тепловиділень) будинку та електроприладів, яка склала $Q_{\text{виділ}} = 1645,92$ Вт.

РОЗДІЛ 3

РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ТА ГВП

3.1 Розрахунок теплового насосу

Для реалізації опалення в приватному будинку вибрана система: тепловий насос ґрунт-вода. Це унікальне обладнання, принцип роботи якого заснований на зборі тепла з ґрунту і передачі теплової енергії всередину приміщення. ККД таких систем має значення близько 100%, а терміни окупності складають не більше 60 місяців. Такі високі показники в порівнянні з традиційними джерелами для обігріву житла викликані тим, що ґрунт є хорошим акумулятором тепла, а температура в ньому має постійне значення протягом усього року і не опускається нижче 6 °С.

Ґрунт має здатність акумулювати сонячну енергію протягом тривалого періоду часу, що забезпечує порівняно рівномірну температуру джерела тепла протягом року і, тим самим, високий ККД роботи теплового насоса. Температура у верхніх шарах ґрунту змінюється в залежності від сезону. Нижче кордону замерзання ці температурні коливання значно знижуються.

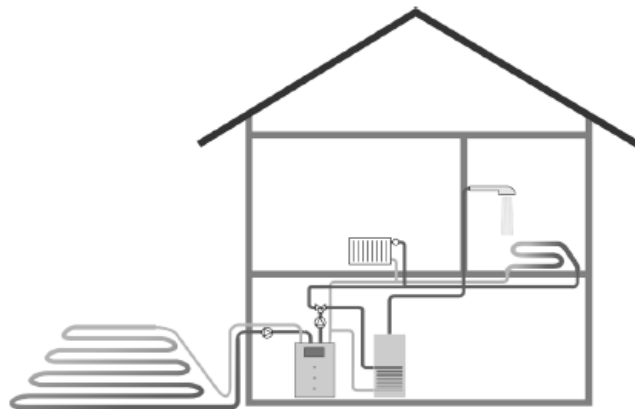


Рисунок 3.1 – Тепловий насос з земляним колектором

Накопичене в ґрунті тепло витягується за допомогою горизонтально прокладених геотермічних теплообмінників, званих також земляними колекторами, або за допомогою вертикально прокладених теплообмінників, так званих земляних зондів.

Тепло навколишнього середовища передається сумішшю води і антифризу (розсолон), температура замерзання якої повинна складати приблизно $-155\text{ }^{\circ}\text{C}$. Завдяки цьому розсіл незамерзаючі в процесі роботи.

Розподільники і колектори повинні бути розташовані таким чином, щоб забезпечити до них доступ для наступних техоглядів, наприклад, в окремих на них розподільчих колодязях поза будівлі або в підвальному приямку у будинки. Кожен трубний контур повинен мати запірну арматуру для наповнення і видалення повітря з колектора в прямому та зворотному магістралі.

В нашому випадку насос буду розташований в котельній.

Потужність теплового насосу, який обертається повинен перекривати потужність розрахункову для системи опалення:

$$Q_{\text{опал}} = 10821,9 \text{ Вт} \rightarrow 10800 \text{ Вт}$$

Для вибору теплового насосу необхідно знати його холодопродуктивність $Q_{\text{к}}$.

Приймаємо до установки тепловий насос BW 110, холодопродуктивність якого становить 8,4 кВт. Теплова потужність насосу BW 110 становить 10,8 кВт. [13]

Виконуємо перевірку правильності вибору типу насосу.

Перевіряємо правильність вибору теплового насосу $Q_{\text{к}}$, Вт:

$$Q_{\text{п.в}} = Q_{\text{ТН}} - Q_{\text{опал}}, \quad (3.1)$$

де $Q_{ТН}$ – потужність теплового насосу.

$$Q_{П.В} = 10800 - 10800 = 0$$

Виходячи з цього результату $Q_{П.В}$, можливо зробити висновок, що тепловий насос було обрано вірно.

Розраховуємо необхідну площу для відбору потужності, F_E , м²:

$$F_E = \frac{Q_k}{q_E}, \quad (3.2)$$

де q_E – потужність, яка відбирається з ґрунту, ($q_E = 30 - 35$ Вт/м²). [13]

Q_k – холодопродуктивність теплового насосу, $Q_k = 8,4$ кВт.

$$F_E = \frac{8400}{35} = 240 \text{ м}^2$$

Для відбору тепла з даної площі ґрунту необхідно прокласти в ґрунті полімерні труби в кілька контурів (поліетиленова труба, жорсткість PN10).

Окремі трубні контури повинні мати однакову довжину і не повинні містити недоступних підключень і з'єднань.

Знаходимо кількість необхідних трубних контурів (поліетиленові труби 20 x 2,0) з $l=100$ м довжиною, X , труб. конт.:

$$X = \frac{F_E * 3}{100} = \frac{240 * 3}{100} = 7,2 \rightarrow 7 \text{ труб. конт.} \quad (3.3)$$

Обрано: 7 трубних контури 100 м довжиною ($\varnothing 20$ мм x 2,0 мм, по $V=0,201$ л/м).

Лінія подачі: труба 10 м довжиною, розміром РЕ 32 x 2,9.

Розраховуємо кількість теплоносія, m , л:

$$m = X * l * V + l_k * V_T, \quad (3.4)$$

де l_k – довжина падаючої лінії, м ($l_k=10$ м);

V_T – об'єм трубопроводу, л ($V_T=0,531$ л).

$$m = 7 * 100 * 0,201 + 10 * 0,531 = 146,01 \rightarrow \\ \rightarrow 150 \text{ л (включаючи кількість росолу в тепловому насосі)}$$

Втрати тиску в земляному колекторі.

Теплоносій: Гуфосог.

Продуктивність теплового насосу BW 110 складає $V_{\text{нас}}=2700$ л/ч.

Розраховуємо витрати на кожний трубний контур, $Q_{\text{вит}}$, л/ч на труб.

контур:

$$Q_{\text{вит}} = \frac{V_{\text{нас}}}{X} = \frac{2700}{7} = 386 \text{ л/ч на труб. контур} \quad (3.5)$$

Відповідно: 386 л/ч на труб. контур $\rightarrow 0,386 \text{ м}^3$

Значення R втрати тиску / м трубопроводу, Па/м: [13]

$$R = 309,7 \text{ Па/м (для труби 20 x 2,0)}$$

$$R = 33,3 \text{ Па/м (для труби 32 x 3,0)}$$

Розраховуємо тиск трубного контуру, $\Delta p_{\text{труб.контур}}$, Па:

$$\Delta p_{\text{труб.контур}} = \Delta p * l = 309,7 * 100 = 30970 \text{ Па} \quad (3.6)$$

Розраховуємо тиск падаючої лінії, $\Delta p_{\text{пад.лінії}}$, Па:

$$\Delta p_{\text{пад.лінії}} = \Delta p * l_{\text{к}} = 33,3 * 10 = 333 \text{ Па} \quad (3.7)$$

У табл. 3.1 приведені паспортні дані теплового насосу Vitocal 300.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики теплового насосу Vitocal 300

Тип	Vitocal 300 BW 110
Теплова потужність, кВт	10,8
Холодопродуктивність, кВт	8,4
Споживана електрична потужність, кВт	2,4
Тиск, Па	9000
Продуктивність, л/ч	2700
Номінальна напруга, В	220
Габарити: Д; Ш; В, мм	650; 600; 945
Маса, кг	140

Відповідно з паспортних даних теплового насосу BW 110, його тиск становить:

$$\Delta p_{\text{тепл.насосу}} = 9000 \text{ Па}$$

Знаходимо загальний тиск в контурі, $\Delta p_{\text{заг.}}$, Па:

$$\begin{aligned}
 \Delta p_{\text{заг.}} &= \Delta p_{\text{труб.контур}} + \Delta p_{\text{пад.лінії}} + \Delta p_{\text{тепл.наосу}} = \\
 &= 9000 + 333 + 30970 = 40303 \text{ Па} \rightarrow 403,03 \text{ мбар} \rightarrow \\
 &\rightarrow 4,03 \text{ м. вод. ст.}
 \end{aligned}
 \tag{3.8}$$

На рис. 3.2 приведена рабочая характеристика теплового насоса Vitocal 300 типу BW 110.

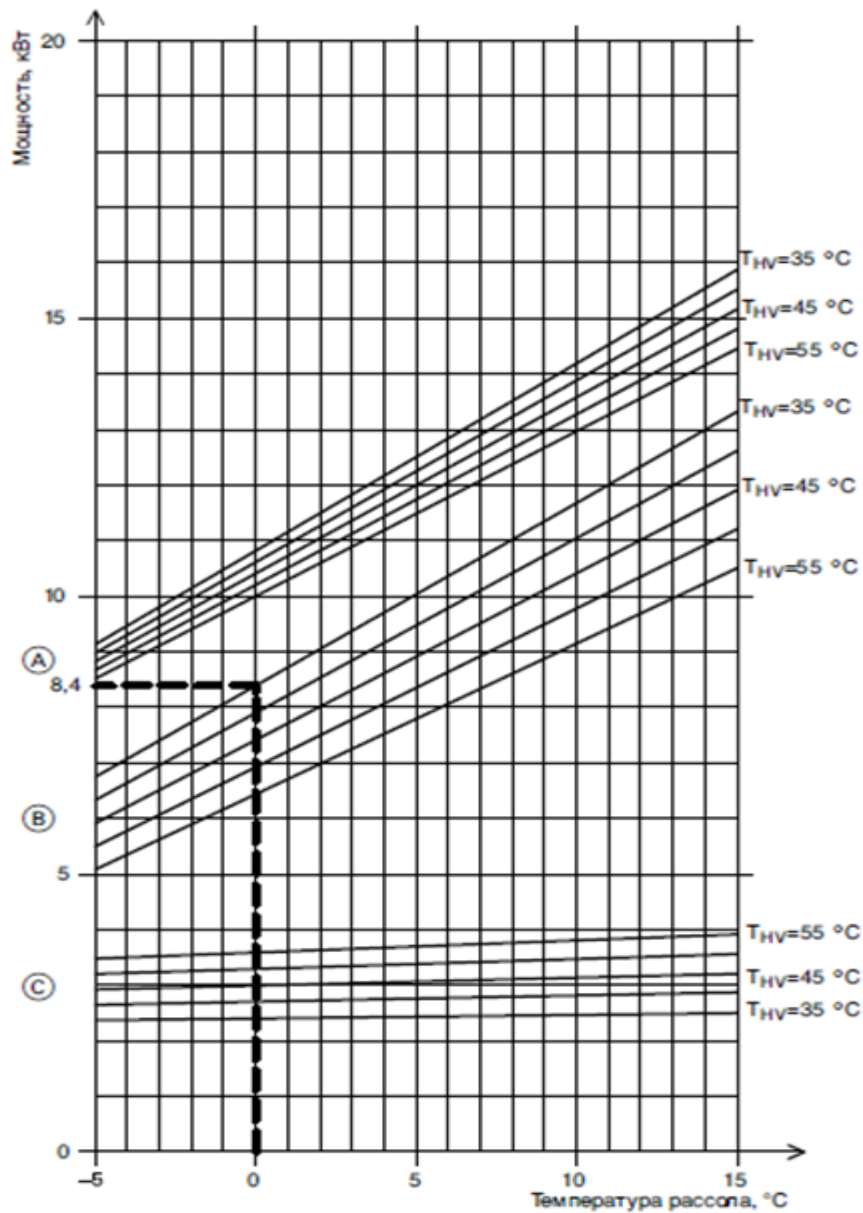


Рисунок 3.2 – Робоча характеристика Vitocal 300, типу BW 110 (А–теплова потужність; В– холодопродуктивність; С–Споживана електрична потужність)

3.2 Визначення теплового навантаження на ГВП та площі колектора

Фактичне навантаження гарячого водопостачання житлових будинків, тобто кількості теплоти, необхідна для нагрівання води на потреби домашнього господарства, сильно залежить від звичок мешканців будівлі.

Добова витрата гарячої води, G^D , л/добу:

$$G^D = N * m, \quad (3.9)$$

де N – норма споживання однією людиною гарячої води з температурою 55°C за добу;

m – кількість мешканців.

$$G^D = 60 * 4 = 240 \frac{\text{л}}{\text{добу}}. \quad (3.10)$$

Відповідно знаючи добові витрати гарячої води, які становлять $G^D = 240$ л/доба, ми обираємо акумуляторний бак RUCELF® (250 л), і в залежності від цього об'єму, обрано розширювальний бак мембранний Varem об'ємом 8 л.

Річна витрата гарячої води, G^{PIK} , л/добу:

$$G^{PIK} = 240 * 365 = 87600 \frac{\text{л}}{\text{добу}}. \quad (3.11)$$

Оскільки середня температура вхідної води приблизно 15°C , вона повинна бути нагріта до 55°C .

Визначаємо температуру на яку воду потрібно буде нагрівати, t , $^{\circ}\text{C}$:

$$t = t_n - t_c, \quad (3.12)$$

де t_n – температура, на яку потрібно нагріти воду;

t_c – середня температура вхідної води.

$$t = 55 - 15 = 40^\circ\text{C}.$$

Враховуємо, що для нагрівання одного літра води на один градус треба затратити енергію рівну 1 ккал.

Кількість енергії необхідної для нагрівання цієї кількості води, E , ккал:

$$E = G^D * t = 240 * 40 = 9600 \text{ ккал} \quad (3.13)$$

Переводимо цю енергію в кВт·год, W , кВт·год:

$$W = \frac{E}{859,8}, \quad (3.14)$$

де 859,8 – число ккал за 1 кВт·год.

$$W = \frac{9600}{859,8} = 11,16 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Для заданої місцевості у липні сонячна енергія на 1 м^2 становить 5,7 кВт·год· м^2 / день, а в лютому 1,99 кВт·год· м^2 / день. Сучасний сонячний колектор здатний поглинати до 80% енергії сонця.

Значення передачі поглиненої енергії вакуумними трубками у липні та лютому, $Q_{\text{лип}}$, $Q_{\text{лют}}$, кВт·год:

$$Q_{\text{лип}} = 5,7 * 0,8 = 4,56 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{день площі поглинання} \quad (3.15)$$

колектора

$$Q_{\text{люот}} = 1,99 * 0,8 = 1,59 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{день площі поглинання} \quad (3.16)$$

колектора

Вибираємо колектори фірми RUCELF®, в них трубки діаметром 58 мм² і довжиною 1800 мм і відповідно площа поглинання вакуумної трубки становить 0,08 м². Розраховуємо сонячне тепло, яке здатна отримати та передати одна трубка, відповідно у липні та лютому, $T_{\text{лип}}, T_{\text{люот}}$, кВт * год:

$$T_{\text{лип}} = Q_{\text{лип}} * 0,08 = 4,56 * 0,08 = 0,3648 \text{ кВт} \cdot \text{год}; \quad (3.17)$$

$$T_{\text{люот}} = Q_{\text{люот}} * 0,08 = 1,59 * 0,08 = 0,1272 \text{ кВт} \cdot \text{год}. \quad (3.18)$$

Розраховуємо кількість трубок, $T_{\text{улип}}, T_{\text{улюот}}$ шт.:

$$T_{\text{улип}} = \frac{W}{T_{\text{люот}}} = \frac{11,16}{0,3648} = 30 \text{ шт} \quad (3.19)$$

$$T_{\text{улюот}} = \frac{W}{T_{\text{лип}}} = \frac{11,16}{0,1272} = 87 \text{ шт} \quad (3.20)$$

Підраховавши, кількість трубок в складі колекторів, ми бачимо, що в залежності від місяця використання для приготування потрібної кількості води, кількість трубок може істотно відрізнятися. В даному випадку варіант - чим більше, тим краще, не підходить. Взимку ми отримаємо необхідну кількість тепла, але влітку зіткнемося з дуже суттєвою проблемою - утилізацією надлишкового тепла. Сонце неможливо вимкнути або включити, тому воно буде постійно нагрівати воду в баці. В кінцевому підсумку вода в баку-акумуляторі закипить, а це може привести до виходу з

ладу обладнання. Можна здійснити скидання гарячої води в каналізацію і набір в бак холодної води для подальшого нагріву.

Застосування сонячних колекторів направлено, перш за все, на економію грошей, а в другу - на економію природних ресурсів. Тому необхідно використовувати ту кількість сонячних колекторів, яке економічно доцільно.

В даному випадку, завдання забезпечити гарячою водою родину з 4 осіб. Правильним рішенням буде вважатися підбір кількості трубок колектора в залежності від місяця, в якому максимальна сонячна ефективність. Тому, вибирається 2 колектори SCV-1800-18, параметри яких приведені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри SCV-1800-18

Тип	Кількість трубок, шт.	Довжина та ширина, мм	Вага, кг	Глибина, мм (при куті нахилу 45°)
SCV-1800-18	18	1600 x 1435	70,8	1750

Відповідно до приведених вище розрахунків та знаючи розмір приміщення де буде працювати установка, ми може вибрати допоміжне обладнання, яке необхідне для роботи геліосистеми [14]:

- Акумуляторний бак RUCELF® (300 л);
- Розширювальний бак мембранний Varem;
- Контролер електронний SR 868 C8Q;
- Насос циркуляційний Wilo ($Q = 0,3 \text{ м}^3 / \text{год}$, $P = 50 \text{ кПа}$);
- Запобіжний клапан, 3/4 ";
- Повітря відділювач автоматичний, 3/4 ";
- Клапан зворотний, 3/4 ";
- Кран кульовий (Dn20) в кількості 7 шт.;

- Датчик температури (3 шт.);
- Теплоносій (антифриз) 10 л;
- Елел. тен., потужністю 2,2 кВт;
- Труба мідна, DN20 (3/4 ") довжина 35 м;
- Теплоізоляція K-Flex ECO (високотемпературна) ($\varnothing 22 * 13$ мм).

Висновки до розділу 3

В даному розділі було виконано вибір типу теплового насосу для забезпечення тепlopостачання будинку. Для того щоб задовольнити потрібність в тепlopостачанні $Q_{\text{опал}} = 9175,98$, було обрано тепловий насос типу ґрунт-вода Vitocal 300 BW 110, теплова потужність якого становить 10,8 кВт, а холодопродуктивність 8,4 кВт.

Також в розділі було виконано вибір типу та кількості геліоколекторів для забезпечення мешканців будинку ГВП. Для цього було обрано два колектори SCV-1800-18, акумуляторний бак RUCELF® (300 л) та інше допоміжне обладнання для роботи даної системи.

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНОК ФОТОГАЛЬВАНІЧНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ОСВІТЛЕННЯ

4.1 Визначення енергоспоживання та потужності інвертору

Загальна потужність всіх ламп становить:

$$P_{\text{сум}} = 552 \text{ Вт}$$

Визначаємо сумарну споживану потужність освітленням, $W_{\text{пр}}$, кВт*год/
тиждень:

$$W_{\text{пр}} = P_{\text{сум}} * t, \quad (4.1)$$

де t – час роботи всіх ламп на тиждень, год / тиждень.

$$W_{\text{пр}} = 552 * 41 = 22632 \text{ кВт * год / тиждень}$$

Вибір інвертору виконуємо згідно $P_{\text{сум}}$. Відповідно приймаємо до експлуатації інвертор типу: ПНК-12-600, основні дані якого занесені до табл. 4.1. [15]

Таблиця 4.1 – Основні дані ПНК-12-600

Тип	ПНК-12-600
1	2
Потужність, Вт	600

Продовження табл. 4.1

1	2
Діапазон вихідної напруги, В	145-275
Частота, Гц	50
Вихідна напруга	220/230 \mp 10%
Форма вихідної напруги	Чиста синусоїда
Напруга, В	12

Долі розраховуємо кількість енергії, що знадобиться, $W_{\text{тр}}$, кВт*год/тиждень

$$W_{\text{тр}} = W_{\text{пр}} * k, \quad (4.2)$$

де k – коефіцієнт, який враховує втрати в інверторі ($k = 1,2$).

$$W_{\text{тр}} = 22632 * 1,2 = 27158,4 \text{ кВт * год / тиждень}$$

Знаходимо число ампер-годин на тиждень, необхідного для покриття навантаження змінного струму, $q_{\text{тиж}}^{\text{змін}}$, А*год:

$$q_{\text{тиж}}^{\text{змін}} = \frac{W_{\text{тр}}}{U_{\text{інв}}}, \quad (4.3)$$

де $U_{\text{інв}}$ – напруга зовнішньої батареї інвертору ПНК-12-600.

$$q_{\text{тиж}}^{\text{змін}} = \frac{27158,4}{12} = 2263,2 \text{ А * год}$$

Добове значення споживаних ампер-годин визначається діленням на 7 днів, число ампер-годин на тиждень, $q_{\text{доб}}$, А*год:

$$q_{\text{доб}} = \frac{q_{\text{тиж}}^{\text{змін}}}{7} = \frac{2263,2}{7} = 323,3 \text{ А} * \text{год} \quad (4.4)$$

4.2 Визначення значення необхідної ємності акумуляторних батарей та їх кількості

Розраховуємо сумарну ємність акумуляторів, яка враховує кількість днів без сонця, q_N , А*год:

$$q_N = q_{\text{доб}} \cdot N_{\text{бс}}, \quad (4.5)$$

де $N_{\text{бс}}$ – кількість днів без сонця, (для географічна широта: 48° , $N_{\text{бс}} = 2$ днів).

$$q_N = 323,3 * 2 = 646,6 \text{ А} * \text{год}$$

Розраховуємо заряд акумуляторної батареї з урахуванням глибини розряду, q_γ , А*год:

$$q_\gamma = \frac{q_N}{\gamma}, \quad (4.6)$$

де γ – коефіцієнт використання ($\gamma = 0,5$).

$$q_\gamma = \frac{646,6}{0,5} = 1293,2 \text{ А} * \text{год}$$

Розраховуємо загальну необхідну ємність акумуляторних батарей, $q_{\text{заг}}$, А*год:

$$q_{\text{заг}} = q_{\gamma} \cdot \alpha, \quad (4.7)$$

де α – коефіцієнт, який враховує зменшення ємності при зниженні температури ($\alpha = 1,04$).

$$q_{\text{заг}} = 1293,2 * 1,04 = 1344,9 \text{ А * год}$$

Приймаємо до експлуатації прийняті акумуляторні батареї типу: АТАВА АСМ, основні дані якого занесені до табл. 4.2. [16]

Таблиця 4.2 – Основні дані АТАВА АСМ

Виробник	АТАВА
Тип	АСМ
Ємність, А·год	200
Напруга, В	12

Розраховуємо кількість батарей з'єднаних паралельно, $N_{\text{пар}}^{\text{АКБ}}$, шт.:

$$N_{\text{пар}}^{\text{АКБ}} = \frac{q_{\text{заг}}}{q_{\text{ном}}}, \quad (4.8)$$

де $q_{\text{ном}}$ – номінальна ємність батареї.

$$N_{\text{пар}}^{\text{АКБ}} = \frac{1344,9}{200} = 7 \text{ шт}$$

Розраховуємо кількість батарей з'єднаних послідовно, $N_{\text{пос}}^{\text{АКБ}}$, шт.:

$$N_{\text{пос}}^{\text{АКБ}} = \frac{U_{\text{інв}}}{U_{\text{ном}}}, \quad (4.9)$$

де $U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга батареї.

$$N_{\text{пос}}^{\text{АКБ}} = \frac{12}{12} = 1 \text{ шт}$$

Розраховуємо кількість акумуляторних батарей, $N^{\text{АКБ}}$, шт.:

$$N^{\text{АКБ}} = N_{\text{пос}}^{\text{АКБ}} * N_{\text{пос}}^{\text{АКБ}} = 7 * 1 = 7 \text{ шт} \quad (4.10)$$

4.3 Визначення необхідної кількості сонячних батарей

Визначення сонячного потенціалу місцевості:

Для виконання цих розрахунків користуємося даними, які приведені: <http://power.larc.nasa.gov>. Данні взяті для географічної широти де знаходиться будинок: 48°34'37" с. ш. Заносимо їх до табл. 4.3, табл. 4.4, табл. 4.5. [7]

Таблиця 4.3 – Середньомісячне дифузне випромінювання поверхні (кВт*год / м² / день)

Місяць	Середнє значення за останні 24 роки
1	2
1. Січень	0,36
2. Лютий	0,5
3. Березень	0,77
4. Квітень	1,11
5. Травень	1,26

Продовження табл. 2.6

1	2
6. Червень	1,5
7. Липень	1,48
8. Серпень	1,22
9. Вересень	0,9
10. Жовтень	0,64
11. Листопад	0,41
12. Грудень	0,3
13. Середнє значення за рік	0,87

Таблиця 4.4 – Середньомісячне випромінювання при чистому небі
(кВт*год / м² / день)

Місяць	Середнє значення за останні 24 роки
1. Січень	5,93
2. Лютий	7,62
3. Березень	8,77
4. Квітень	9,27
5. Травень	10,8
6. Червень	10
7. Липень	9,4
8. Серпень	9,23
9. Вересень	8,68
10. Жовтень	7,36
11. Листопад	6,07
12. Грудень	5,51
13. Середнє значення за рік	8,82

Таблиця 4.5 – Середньомісячна інсоляція на горизонтальній поверхні
(кВт*год / м² / день)

Місяць	Середнє значення за останні 24 роки
1. Січень	1,21
2. Лютий	1,99
3. Березень	2,98
4. Квітень	4,05
5. Травень	5,55
6. Червень	5,57
7. Липень	5,7
8. Серпень	5,08
9. Вересень	3,66
10. Жовтень	2,27
11. Листопад	1,2
12. Грудень	0,96
13. Середнє значення за рік	3,35

Перевіряємо схилення Сонця (кут між лінією, що з'єднує центри Землі і Сонця, і її проекцією на площину екватора) в середній день місяця (16 серпня), δ , град:

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + n}{365}\right), \quad (4.11)$$

де, n – порядковий номер дня, відрахований від 1 січня (номер середнього розрахункового дня для кожного місяця року), приймаємо 16 серпня (228 день).

$$\delta = 23,45 \cdot \sin\left(360 \cdot \frac{284 + 228}{365}\right) = 13,5^\circ$$

Аналогічно виконуємо перевірку для інших місяців, та результати заносимо до табл. 4.6.

Таблиця 4.6 – Кут схилення Сонця

Місяць	День	δ , град
1. Січень	17	-20,9
2. Лютий	47	-13
3. Березень	75	-2,4
4. Квітень	105	9,4
5. Травень	135	18,8
6. Червень	162	23,1
7. Липень	198	21,2
8. Серпень	228	13,5
9. Вересень	258	2,2
10. Жовтень	288	-9,6
11. Листопад	318	-18,9
12. Грудень	344	-23

Часовий кут заходу (сходу) Сонця для горизонтальної поверхні, ω_3 , град:

$$\omega_3 = \arccos(-tg\varphi \cdot tg\delta), \quad (4.12)$$

де, φ – широта місцевості, град.

$$\omega_3 = \arccos(-tg(48) \cdot tg(13,5)) = 105,46^\circ$$

Часовий кут заходу Сонця для похилої поверхні з південною орієнтацією, $\omega_{\text{зН}}$, град:

$$\omega_{\text{зН}} = \arccos[-tg(\varphi - \beta) \cdot tg\delta], \quad (4.13)$$

де, β – кут нахилу панелей до горизонту, град.

$$\omega_{\text{зН}} = \arccos[-tg(48 - 45) \cdot tg(13,5)] = 91,2^\circ$$

Середньомісячний коефіцієнт перерахунку прямого сонячного випромінювання з горизонтальною на похилу поверхню, $R_{\text{п}}$:

$$\begin{aligned} R_{\text{п}} &= \frac{\cos(\varphi - \beta) \cdot \cos\delta \cdot \sin\omega_{\text{зН}} + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_{\text{зН}} \cdot \sin(\varphi - \beta) \cdot \sin\delta}{\cos\varphi \cdot \cos\delta \cdot \sin\omega_3 + \frac{\pi}{180} \cdot \omega_3 \cdot \sin\varphi \cdot \sin\delta} = \\ &= \frac{\cos(48 - 45) \cdot \cos(13,5) \cdot \sin(91,2) + \frac{\pi}{180} \cdot 91,2 \cdot \sin(48 - 45) \cdot \sin(13,5)}{\cos(48) \cdot \cos(13,5) \cdot \sin(105,46) + \frac{\pi}{180} \cdot 105,46 \cdot \sin(48) \cdot \sin(13,5)} = \quad (4.14) \\ &= \frac{0,968 + 0,032}{0,627 + 0,319} = \frac{1}{0,946} = 1,05 \end{aligned}$$

Коефіцієнт перерахунку з горизонтальній площині на похилу з південною орієнтацією дорівнює сумі трьох складових, відповідних прямому, розсіяному і відбитому сонячному випромінюванню, R :

$$R = \left(1 - \frac{E_p}{E}\right) \cdot R_n + \frac{E_p}{E} \cdot \frac{1 + \cos\beta}{2} + \rho \cdot \frac{1 - \cos\beta}{2}, \quad (4.15)$$

де E_p – середньомісячна денна кількість розсіяного сонячного опромінення, що надходить на горизонтальну поверхню, (табл.4.3), кВт*год / м² / день;

ρ – коефіцієнт відблиску (альbedo) поверхні Землі та оточуючих тіл, зазвичай приймається рівним 0,7 для зими і 0,2 для літа.

$$R = \left(1 - \frac{0,87}{3,35}\right) \cdot 1,05 + \frac{0,87}{3,35} \cdot \frac{1 + \cos(45)}{2} + 0,2 \cdot \frac{1 - \cos(45)}{2} = 1,028$$

Таблиця 4.7 – Розрахунок для кута нахилу $\beta = 48$

Місяць	δ	β	ω_3	$\omega_{3н}$	ρ
1. Січень	48	48	64,9	91,2	0,7
2. Лютий	48	48	75,14	91,2	0,7
3. Березень	48	48	87,33	91,2	0,7
4. Квітень	48	48	100,59	91,2	0,2
5. Травень	48	48	112,21	91,2	0,2
6. Червень	48	48	118,27	91,2	0,2
7. Липень	48	48	115,51	91,2	0,2
8. Серпень	48	48	105,46	91,2	0,2
9. Вересень	48	48	92,44	91,2	0,2
10. Жовтень	48	48	79,17	91,2	0,7
11. Листопад	48	48	67,65	91,2	0,7
12. Грудень	48	48	61,87	91,2	0,7

Якщо панелі встановлюються під деяким кутом β до горизонту, то середньомісячне денний сумарна кількість сонячної енергії, що надходить на похилу поверхню, може бути знайдено за формулою, E_H , кВт*год / м² / день:

$$E_H = R * E, \quad (4.16)$$

де E – середньомісячне денний сумарна кількість сонячної енергії, що надходить на горизонтальну поверхню, (Табл. 3), кВт*год / м² / день.

$$E_{\text{н}} = 1,028 * 3,35 = 3,44 \text{ кВт} * \text{год} / \text{м}^2 / \text{день}$$

Приймаємо до установки наступну сонячну батарею: Prolog Semicor PSm-250, основні дані якої занесені до табл. 4.8. [17]

Таблиця 4.8 – Основні дані Prolog Semicor PSm-250

Параметр	Значення
Тип	Prolog Semicor PSm-250
Напруга, В	24
Номінальна потужність, Вт	250
Тип кремнію	Монокристалічний
Струм КЗ, А	8,75
Вага, кг	18,5
Розміри (ДхШхВ), мм	1650x992x40

Враховуємо втрати в акумуляторних батареях, $q_{\text{з-р}}$, А * год:

$$q_{\text{з-р}} = q_{\text{доб}} \cdot \zeta, \quad (4.17)$$

де ζ – коефіцієнт для обліку втрат на заряд-розряд акумуляторної батареї, ($\zeta = 1,2$).

$$q_{\text{з-р}} = 323,3 * 1,2 = 387,96 \text{ А} \cdot \text{год.}$$

Значення струму, яке повинно генеруватися сонячними батареями, $I^{\text{СБ}}$, А:

$$I^{\text{СБ}} = \frac{q_{3-p}}{i}, \quad (4.18)$$

де i – число пікових сонце-годин для заданої місцевості, ($i = 5$).

$$I^{\text{СБ}} = \frac{387,96}{5} = 77,6 \text{ А}$$

Визначення числа модулів, з'єднаних паралельно, $N_{\text{пар}}^{\text{СБ}}$, шт.:

$$N_{\text{пар}}^{\text{СБ}} = \frac{I^{\text{СБ}}}{I_{\text{пр}}}, \quad (4.19)$$

де $I_{\text{пр}}$ максимальний струм батареї, ($I_{\text{пр}} = 8,75 \text{ А}$).

$$N_{\text{пар}}^{\text{СБ}} = \frac{77,6}{8,75} = 9 \text{ шт}$$

Визначення числа модулів, з'єднаних послідовно, $N_{\text{пос}}^{\text{СБ}}$, шт.:

$$N_{\text{пос}}^{\text{СБ}} = \frac{U_{\text{інв}}}{U_{\text{ном}}^{\text{СБ}}} = \frac{12}{24} = 1 \text{ шт} \quad (4.20)$$

Визначаємо загальну кількість фотоелектричних модулів, $N^{\text{СБ}}$, шт.:

$$N^{\text{СБ}} = N_{\text{пар}}^{\text{СБ}} * N_{\text{пос}}^{\text{СБ}} = 9 * 1 = 9 \text{ шт.} \quad (4.21)$$

Визначаємо площу, яку будуть займати всі батареї, $S^{\text{СБ}}$, м²:

$$S^{\text{СБ}} = N^{\text{СБ}} * S_1^{\text{СБ}} = 9 * 1,64 = 14,7 \text{ м}^2 \quad (4.22)$$

Висновки до розділу 4

В цьому розділі було виконано розрахунок фотогальванічної системи для забезпечення електропостачання приладів освітлення. Для цього було вибрано наступне обладнання: інвертор типу ПНК-12-600 в кількості 1 шт.; акумуляторні батареї типу АТАВА АСМ в кількості 7 шт.; сонячну батарею Prolog Semicor PSm-250 в кількості 9 шт.

Спочатку планувалося зробити живлення від фотогальванічної системи і інших приладів в будинку, проте під час попередніх розрахунків було встановлено, що місця на даху будинку буде замало для великої кількості панелей, а на території поряд з будинком встановлення панелей було неможливе оскільки вся територія насаджена деревами, які б закривали ці батареї від сонця.

РОЗДІЛ 5

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

На сьогоднішній день в нашій країні спостерігається різке зростання цін на всі види енергоресурсів, тому більшість людей намагаються різними методами зменшити використання тих чи інших видів енергоресурсів.

Для зменшення витрат на опалення власного житла, необхідно ретельно підходити до вибору матеріалу, з якого цей будинок буде будуватися, також важливим є дотримання стандартів будівництва.

В даній магістерській дисертації для опалення приватного будинку було вибрано тепловий насос, для забезпечення гарячого водопостачання – сонячні колектори, а для забезпечення електроенергією приладів освітлення – фотогальванічну систему.

В економічній частині дисертації виконано розрахунок економічної доцільності заміни використання приватним будинком звичайних енергоресурсів на енергоресурси з використанням відновлювальних джерел енергії.

5.1 Розрахунок капітальних витрат

Зведення капітальних витрат на впровадження в будинок відновлюваних джерел енергії приведена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Зведенні капітальні витрат

Тип обладнання	Кількість, шт	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн	Обґрунтування
1	2	3	4	5
Тепловий насос Vitocal 300 BW 110	1	180190	180190	[18]
Комплектуючі до теплового насосу	1	56500	56500	[18]

1	2	3	4	5
Колектори SCV-1800-18	2	8900	17800	[19]
Комплектуючі до колектора	1	28340	28340	[19]
Інвертор ПНК-12-600	1	3421	3421	[20]
Акумулятор АТАВА AGM	7	7500	52500	[21]
Сонячна батарея Prolog Semicor PSm-250	9	5460	49140	[22]
Всього:			387891	

Розраховуємо вартість монтажно-налагоджувальних робіт, K_{MH} , тис. грн.:

$$K_{MH} = \sum (Ч * a * t) * K_d * K_{cm} * K_{pr}, \quad (5.1)$$

де Ч – чисельність інженерів-монтажників, необхідних для виконання даних робіт, Ч = 4 чол.;

a – посадовий оклад інженерів-монтажників, (a=36 грн);

t – час на виконання монтажно-налагоджувальних робіт, t = 210 год.;

K_d – коефіцієнт враховуючий розмір доплат, ($K_d = 1,1$); [24]

K_{cm} – коефіцієнт враховуючий відрахування на соц. заходи, $K_{cm} = 1,22$; [24]

K_{pr} – коефіцієнт, що враховує інші затрати, ($K_{pr} = 1,05$). [24]

$$K_{MH} = (4 * 36 * 210) * 1,1 * 1,22 * 1,05 = 42612 \text{ грн}$$

Знаючи розмір та вагу обладнання, можливо розрахувати скільки коштів необхідно для його транспортування. [23]

$$K_{\text{тран-заг}} = 4315 \text{ грн}$$

Розраховуємо величину проектних капіталовкладень, $K_{\text{пр}}$, тис. грн.:

$$\begin{aligned} K_{\text{пр}} &= K_{\text{об}} + K_{\text{мн}} + K_{\text{тран-заг}} = 387891 + 42\,612 + 4315 \\ &= 434818 \text{ грн} \end{aligned} \quad (5.2)$$

5.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за певний період (рік), виражені в грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат відносяться:

амортизаційні відрахування (C_a);

витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт обладнання (C_T);

вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування (C_e);

5.2.1 Амортизаційні відрахування

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Строк корисного використання (експлуатації) об'єктів основних засобів і нематеріальних активів визначається самостійно, виходячи з очікуваних економічних вигод, технічних і якісних характеристик основних засобів, морального і фізичного зносу, а також інших факторів, які можуть вплинути на можливість використання.

Податковим кодексом України дозволено використовувати прямолінійний (пропорційний) метод, при якому річна сума амортизації

визначається діленням вартості, яка амортизується на строк корисного використання об'єкта основних засобів.

Розраховуємо норму амортизації при прямолінійному методі, постійно протягом всього амортизаційного періоду, H_a , %:

$$H_a = \frac{\Phi_{\Pi} - Л}{\Phi_{\Pi} * T_{\Pi}} * 100\%, \quad (5.3)$$

де Φ_{Π} – первісна (або переоцінена) вартість об'єкта основних засобів, грн;

$Л$ – ліквідаційна вартість основних коштів, в даному випадку їх визначити неможливо, то при прямолінійному методі амортизації дозволяється приймати $Л = 0$;

T_{Π} – строк корисного використання (амортизаційний період), рік, приймаємо $T_{\Pi} = 12$ років. [24]

$$H_a = \frac{434818 - 0}{434818 * 12} * 100 = 8,3 \%$$

Тоді річні амортизаційні відрахування за прямолінійним методу, AO , грн:

$$AO = \frac{\Phi_{\Pi} * H_a}{100} = \frac{434818 * 8,3}{100} = 36089 \text{ грн} \quad (5.4)$$

Таблиця 5.2 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

Найменування показників	Капітальні затрати, грн	Норма амортизації, %	Сума амортизації, грн
Обладнання	434818	8,3	36089

5.2.2 Визначення річних витрат на технічне обслуговування і поточний ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт подібних установок визначається укрупнено у відсотках від капітальних витрат: для даного обладнання – 1%.

Розраховуємо річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання, $B_{\text{рем}}$, грн:

$$C_T = \sum_{i=1}^n (R_i * t_i * m_i * R_{\Sigma i} + \frac{S_i * \Pi_i}{T_i} * T_{\phi}), \quad (5.5)$$

де n – число пристроїв автоматики, що підлягають ремонту;

R_i – годинна ставка робітників, що виконують ремонт, ($R_i=36$ грн);

t_i – трудомісткість одного ремонту при категорії тяжкості ремонту в одну ремонтну одиницю, в залежності від виду ремонту, год / од., при середньому ремонті 8 год / од.;

m_i – число ремонтів за рік, од., ($m_i=1$);

$R_{\Sigma i}$ – сумарна категорія тяжкості ремонту в залежності від виду електрообладнання, так як потужність від 0,5 до 5 кВт, то приймається 1,3;

S_i – вартість однотипних замінних елементів, грн; (складають 410 грн);

Π_i – кількість однотипних замінних елементів, (од., 5 од.);

T_i – середній термін служби деталей даного типу, ч., ($T_i=19020$ год);

T_{ϕ} – число годин роботи обладнання в рік, (3650 год).

$$C_T = 36 * 8 * 1 * 1,3 + \frac{410 * 7}{19020} * 3650 = 925 \text{ грн}$$

5.2.3 Розрахунок вартості спожитої електроенергії

Розраховуємо кількість спожитої за рік електроенергії, $W_{\text{рз}}$, кВт * год:

$$W_{pz} = T * P_{m.sum}, \quad (5.6)$$

де $P_{m.sum}$ – активне навантаження всіх електроприймачів відповідно з графіку (Рисунка 2.1), кВт, ($P_{прил} = 4352$ Вт).

T – номінальний час роботи електрообладнання на рік, ($T=365*10$), год.

$$W_{pz} = 365 * 4352 * 10 = 15884 \text{ кВт} * \text{год}$$

Вартість електроенергії, споживаної об'єктом проектування протягом року, C_e , грн .:

$$C_e = W_{pz} * C_e, \quad (5.7)$$

де C_e – тариф на електроенергію станом на 01.12.2017 р, ($C_e=1,92$ грн), грн / кВт * год

$$C_{e3} = 15885 * 1,92 = 30499 \text{ грн}$$

Таким чином, річні експлуатаційні витрати складуть, C , грн:

$$\begin{aligned} C &= C_a + C_T + C_{e3} + \\ &= 36\,089 + 925 + 30\,499 = 67513 \text{ грн} \end{aligned} \quad (5.8)$$

5.3 Визначення терміну окупності

Визначаємо витрати на проектно-конструктивні роботи, $E_{год}$, грн:

$$E_{річна} = W_p - C \quad (5.9)$$

В середньому обсяг споживання електроенергії для опалення аналогічного будинку за традиційними технологіями становить, W_p , кВт * год:

$$W_p = 365 * 19234 * 10 = 70200 \text{ кВт * год}$$

$$C_e = 70200 * 1,92 = 134784 \text{ грн}$$

$$E_{\text{річна}} = 134784 - 67513 = 67271 \text{ грн.}$$

Для даного проекту, термін окупності повинен бути: $T_{\text{ок}} < 12$ років.

Розраховуємо термін окупності для даного проекту, $T_{\text{ок}}$, роки:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K_{\text{пр}}}{E_{\text{річна}}} = \frac{434818}{67\ 271} = 6,46 \text{ роки} \quad (5.10)$$

Розрахунковий коефіцієнт ефективності (прибутковості) капітальних витрат, E_p :

$$E_p = \frac{E_{\text{річ}}}{K_{\text{пр}}} = \frac{67294}{434\ 818} = 0,15 \quad (5.11)$$

Нормативне значення коефіцієнта ефективності, E_n :

$$E_n = \frac{1}{T_{\text{оч}}} = \frac{1}{12} = 0,083 \quad (5.12)$$

Відповідно:

$$E_p > E_n \rightarrow 0,15 > 0,083,$$

$E_p > E_n$ виконується, а отже економічно підтверджується доцільність впровадження проектного варіанту.

Висновки розділу 5

При виконанні економічної частини були проведені розрахунки капітальних витрат, які пов'язані з монтажем обладнання для будинку, вони склали 434818 грн.

Зроблено розрахунок річних експлуатаційних витрат, які склали 67513 грн. До них віднесли: річні амортизаційні відрахування, витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання, електроенергія споживається об'єктом в рік.

Також було розраховано термін окупності даного проекту, який склав 6,46 роки, що є прийнятним терміном для даного проекту.

ВИСНОВКИ

Аналіз сучасних вимог до питань енергозбереження показав, що світова тенденція – будувати будівлі з мінімальною енерговитратою, а, якщо можливо – то і енергоактивні будівлі.

Застосування енергопасивних будинків дозволить отримати значну економію на опаленні та електроенергії в майбутньому. Проте перед тим як вирішити, чи будувати типовий будинок чи пасивний, потрібно провести докладний розрахунок, тому що за приблизними оцінками енергопасивний будинок обійдеться в середньому на 100 тисяч гривень дорожче.

З точки зору зменшення витрат можна розглянути варіант, в якому енергоефективність зменшиться приблизно до $50\text{--}70 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ на рік, але зате така міра дозволить значно скоротити витрати при будівництві. В умовах сьогоденної економічної ситуації таке рішення є одним з найбільш рентабельних.

Для обраної будівлі було виконано розрахунок тепловтрат будинку з урахування всіх його особливостей (кількості поверхів, кількості дверей та вікон, будівельного матеріалу з якого складається стіна, а також кліматичних умов). Враховуючи все це втрати тепла склали $Q=10821,9 \text{ Вт}$. Крім того була розрахована потужність тепловиділень, яку можливо отримати від мешканців та електрообладнання будинку, яка склала $Q_{\text{виділ}} = 1645,92 \text{ Вт}$.

Виходячи з умов будівлі для системи опалення було вибрано тепловий насос типу ґрунт-вода Vitocal 300 BW 110, тепла потужність якого становить 10,8 кВт, а холодопродуктивність 8,4 кВт.

Для системи гарячого водопостачання було вибрано 2 геліоколектори типу SCV-1800-18, акумуляторний бак RUCELF® (300 л) та інше допоміжне обладнання.

Для роботи системи освітлення виконано розрахунок фотогальванічної системи. Для цього було вибрано наступне обладнання: інвертор типу ПНК-12-600 в кількості 1 шт.; акумуляторні батареї типу АТАВА AGM в кількості 7 шт.; сонячну батарею Prolog Semicor PSm-250 в кількості 9 шт.

Аналіз споживання електричної енергії мешканцями будинку показав, що створення повністю автономної системи електропостачання всього дома буде економічно недоцільним. Крім того, під час попередніх розрахунків було встановлено, що місця на даху будинку буде замало для великої кількості панелей, а на території поряд з будинком встановлення панелей було неможливе оскільки вся територія насаджена деревами, які б закривали ці батареї від сонця.

Капітальні витрати, які пов'язані з монтажем обладнання для будинку, складають 434818 грн. Виконано розрахунок річних експлуатаційних витрат, які склали 67513 грн. До них було віднесено: річні амортизаційні відрахування, витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт електротехнічного обладнання, електроенергія споживається об'єктом в рік.

Термін окупності даного проекту складає 6,46 роки, що є прийнятним для даного проекту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

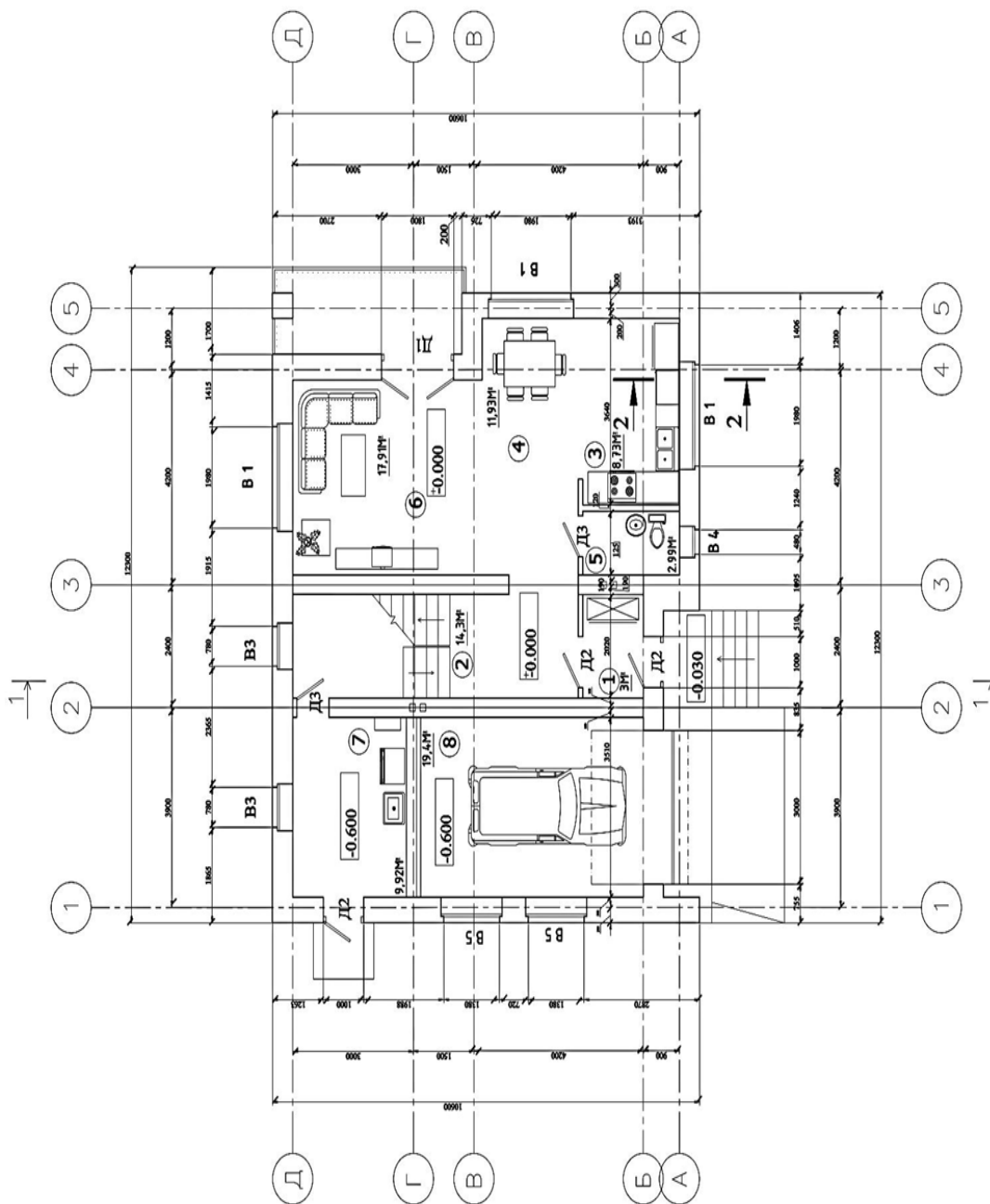
1. Пассивный дом. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%81%D1%81%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9%D0%B4%D0%BE%D0%BC>
2. Будівництва першого Пасивного Будинку. Режим доступа: <http://eco-bud.com/cikavinki/vse-pro-pasivnijj-budinok.html>
3. Інститут пасивного будинку. Режим доступа: <http://passivehouse.com/index.html>.
4. Офіційна база даних «пасивних будинків». Режим доступа: http://www.passiv.de/PASSIV_HAUS_INSTITUT_Dr._Wolfgang_Feist
5. Пассивный будинок на території України. Режим доступа: <http://cikavosti.com/budivnitstvo-budinku-yakiy-material-krashhe/>
6. Метеріали для будівництва будинку. Режим доступа: http://www.ernst.kiev.ua/Passiv-Haus_ru.html#Anfang
7. Сайт NASA. Режим доступа: <https://www.nasa.gov>
8. Погода в Україні. Режим доступа: <http://rp5.ua/%D0%9F%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D0%B2%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%96>
9. Теплопроводность строительных материалов, их плотность и теплоемкость. Режим доступа: <http://thermalinfo.ru/svoystva-materialov/strojmaterialy/teploprovodnost-stroitelnyh-materialov-ih-plotnost-i-teploemkost>
10. Строительный эксперт. Режим доступа: [http://www.ard-center.ru/archive/se/2012/SE_2012-15-16\(333\).pdf](http://www.ard-center.ru/archive/se/2012/SE_2012-15-16(333).pdf)
10. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. Режим доступа: https://dnaop.com/html/2032/doc-ДБН_В.2.5-28-2006/
12. Споживана потужність побутових приладів. Режим доступа: <http://sutem.com.ua/323pot.php>

13. Инструкция по проектированию Vitocal. Режим доступа: <https://www.viessmann.ua>
14. Rucelf. Режим доступа: <http://www.rucelf.ua>
15. Инвертор напряжения ПНК (инструкция по эксплуатации). Режим доступа: <https://voltstroy.com.ua/files/rukovodstvo-inv.pdf>
16. Аккумуляторная батарея АТАВА АГМ. Режим доступа: <http://220volt.com.ua/akkumulyatornaya-batareya-ataba-agm-12v-20ah/>
17. Солнечные батареи Prolog Semicor. Режим доступа: https://avtonom.com.ua/solnechnye-batarei_Prolog-Semicor/?filter_work=true
18. Тепловой насос Vitocal 300G BW 10кВт. Режим доступа: <https://ecoist.com.ua/teplovoj-nasos-vitocal-300g-bw-10kvt.htm>
19. Солнечный коллектор RUCELF. Режим доступа: <https://in-green.com.ua/rucelf/rucelf-scv-58-1800-18>
20. Елим ПНК-12-600. Режим доступа: http://price.ua/jelim/jelim_pnk-12-600/catc158t2m764812.html?utm_source=SalesDoubler&utm_medium=cpa&utm_campaign=016870&aff_sub=387296955
21. Аккумулятор 200 Ач. Режим доступа: https://in-green.com.ua/gelevye-akkumulatory/emkost_akkumulyatora--attr-2784_209
22. Prolog Semicor в Украине. Режим доступа: <https://prom.ua/brands/Prolog-semicor>
23. Грузоперевозки Днепропетровск. Режим доступа: <http://gruzovozka.dp.ua>
24. Методические указания к выполнению экономической части дипломной работы для студентов направления подготовки 6.050702 «Электромеханика» / Составители: Л.В. Тимошенко, И.В. Шереметьева – Днепропетровск: НГУ, 2015. – 15 с.

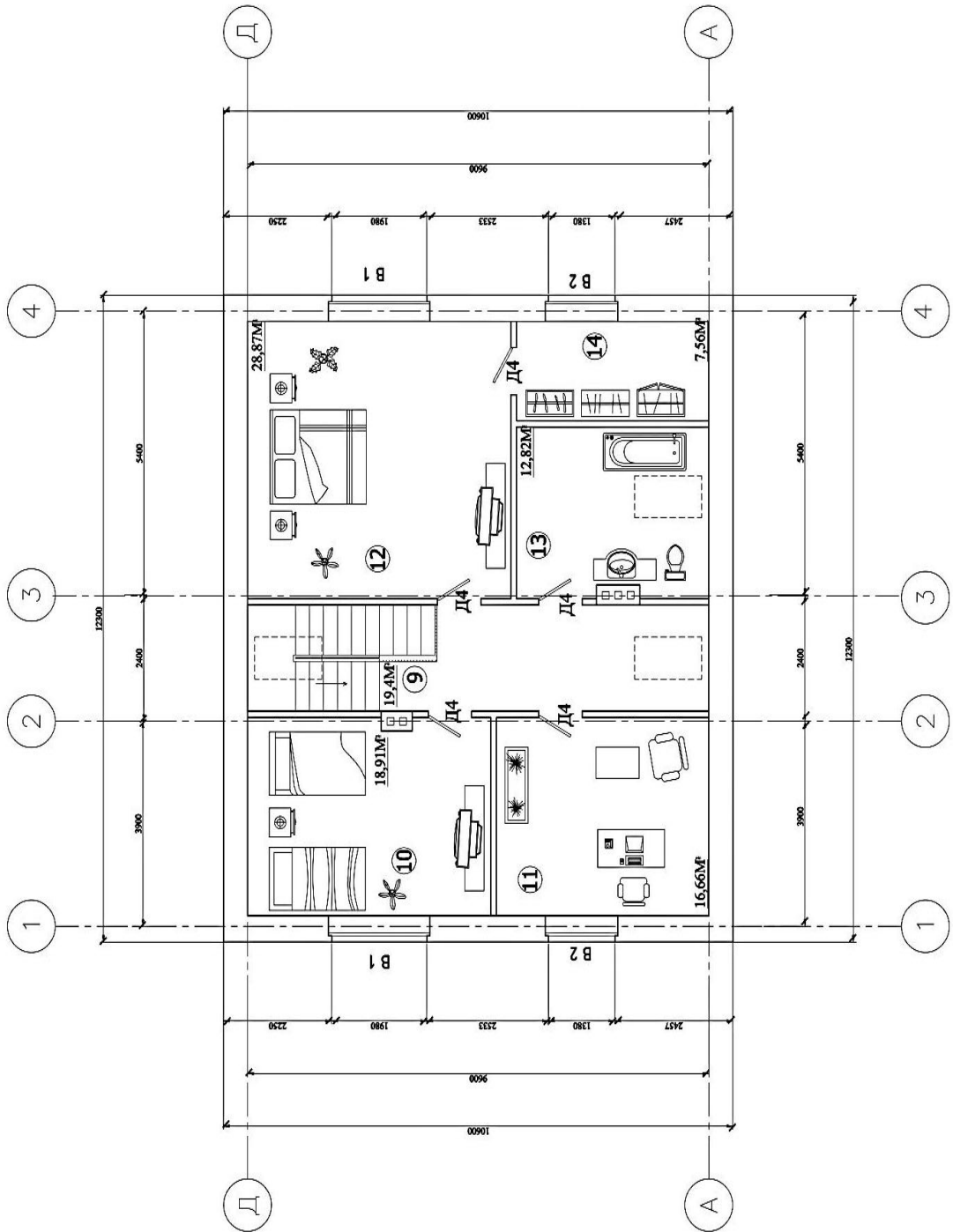
Додаток А

КРЕСЛЕННЯ ЕНЕРГОПАСИВНОГО БУДИНКУ

А1 – Креслення першого поверху



A2 – Креслення другого поверху

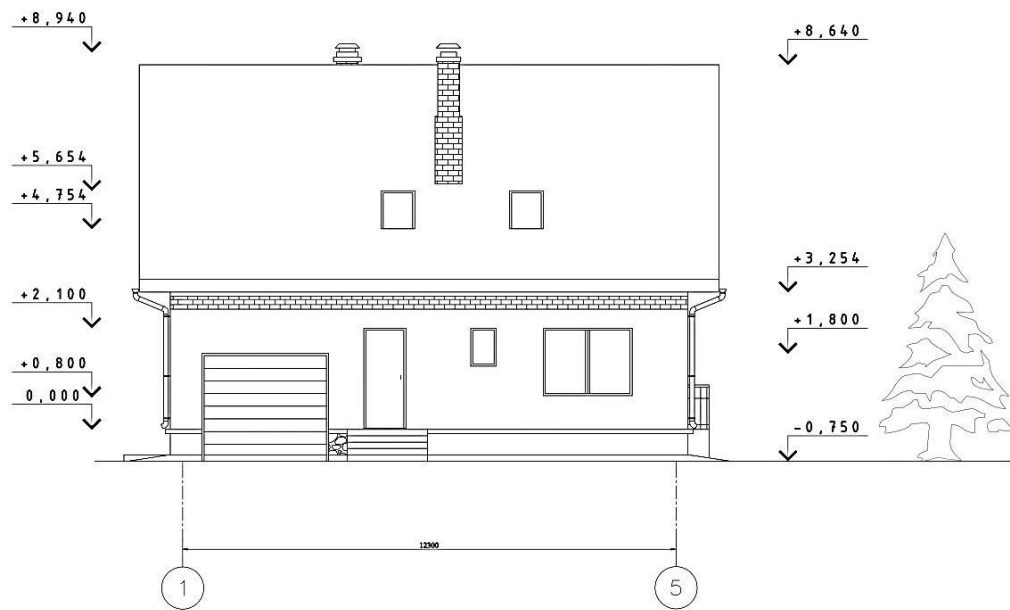


Експликація приміщень

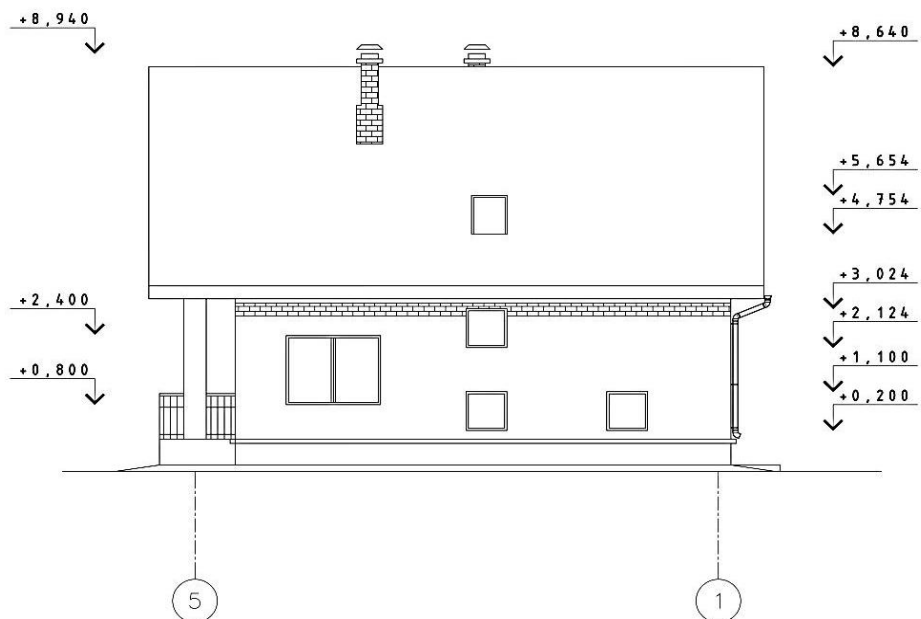
- 1 – Тамбур;
- 2 – Хол;
- 3 – Кухня;
- 4 – Їдальня;
- 5 – Санвузол;
- 6 – Загальна кімната;
- 7 – Котельня;
- 8 – Гараж;
- 9 – Хол;
- 10 – Спальня;
- 11 – Кабінет;
- 12 – Спальня;
- 13 – Санвузол;
- 14 – Гардеробна.

А3 – Креслення фасадів

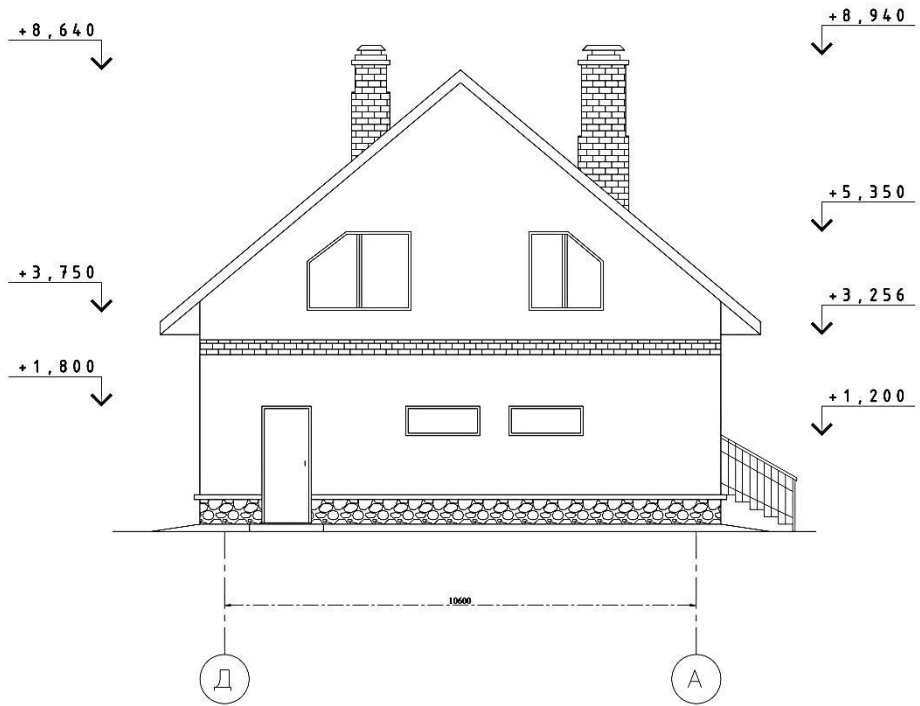
Фасад 1 (південь)



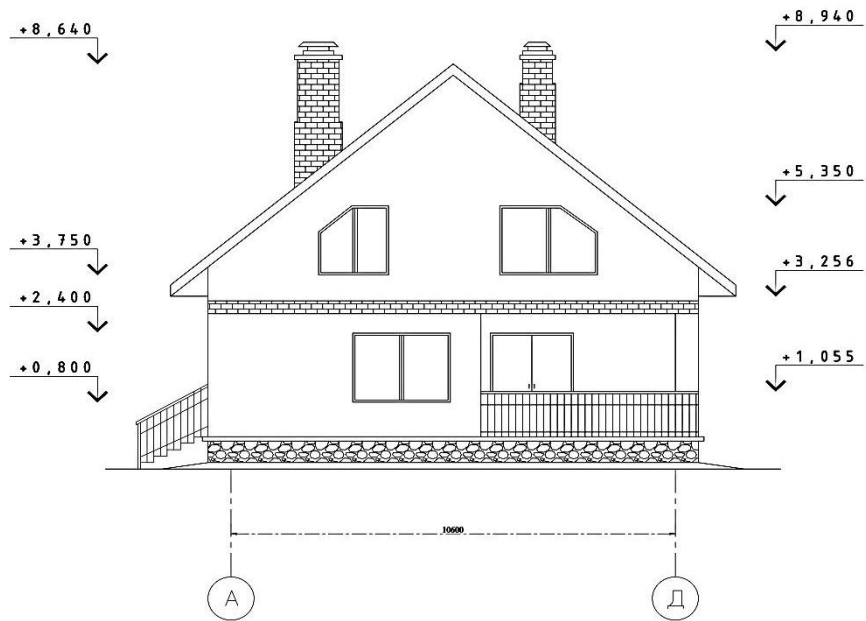
Фасад 2 (північ)



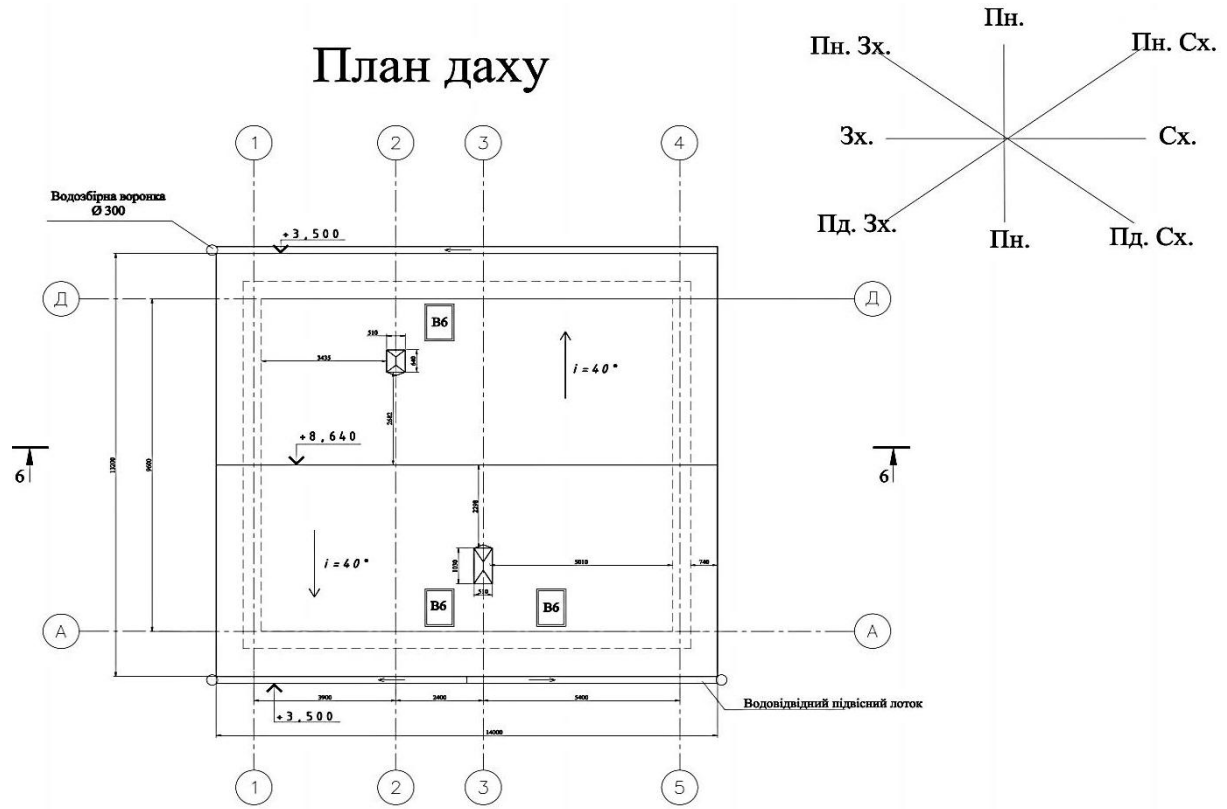
Фасад 3 (захід)



Фасад 4 (схід)



A4 – План даху



Розріз 1-1

