

Міністерство освіти і науки України
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра АТЕРС



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**на тему «ВИКОРИСТАННЯ АВТОНОМНОГО ЖИТТЄЗАБЕСПЕЧЕННЯ
БУДИНКУ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ ТА
КОЛЕКТОРІВ»**

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача (ки) Головань І. О.
(прізвище, ініціали)

З курсу АЕМЗ-31 групи

Керівник д.т.н., професор Осадчук П. І.
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 16.06. 2026 р., протокол № 8.

Завідувач(ка) кафедри АТЕРС
(назва кафедри) (підпис)

Олексій ЖИГАЙЛО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2026 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут: *Комп'ютерної інженерії, автоматизації, робототехніки та програмування ім. П.М.Платонова*

Кафедра: Е та М

Рівень ВО: перший

Ступень ВО: бакалавр

Галузь знань: 14 – Електрична інженерія

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Екоенергетика та інтелектуальна електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Петро ОСАДЧУК

«____» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Головань Іван Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Використання автономного життєзабезпечення будинку з використанням сонячних батарей та колекторів.

затверджена наказом ЗВО від 30.01.2026 року № 58-03

2. Термін здачі здобувачем (здобувачкою) закінченої роботи 15.06.2026 р. _____

3. Вихідні дані роботи Висота поверху 3 метри, висота даху 2 метри, фундаменту 0,75 метра, площа будинку $S = 122 \text{ м}^2$, контролер заряду для сонячних батарей CQ2450, інвертор Hefei 1 кВт 24В, перелік електроспоживачів

4. Перелік питань, які потрібно розробити 1. Дослідження основних альтернативних джерел енергії: низькопотенційна теплова енергія, енергія сонця та енергія вітру. Сучасні принципи енергозбереження в будинках. 2. Використання альтернативних джерел енергії при проектуванні об'єктів житлово-цивільного призначення (на прикладі житлового будинку). Характеристика та розрахунки сонячних батарей. 3. Екологічне обґрунтування будівництва екодому. 4. Економічний аналіз застосування нетрадиційних джерел енергії для сучасних будинків.

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

5.1. Науково-технічна презентація MS Power Point з 21 слайда.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економіка			

7. Дата видачі завдання 31.01.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів кваліфікаційної роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Дослідження основних альтернативних джерел енергії: низькопотенційна теплова енергія, енергія сонця та енергія вітру. Сучасні принципи енергозбереження в будинках.	02.03.2026	
2	Використання альтернативних джерел енергії при проектуванні об'єктів житлово-цивільного призначення (на прикладі житлового будинку). Характеристика та розрахунки сонячних батарей.	30.03.2026	
3	Екологічне обґрунтування будівництва екодому.	15.04.2026	
4	Економічний аналіз застосування нетрадиційних джерел енергії для сучасних будинків.	10.05.2026	
5	Підготування пояснювальної записки відповідно вимогам НК.	10.06.2026	
6	Захист кваліфікаційної роботи бакалавра.	22-24.06.2026	

Здобувач: Головань І. О. _____

Керівник: Осадчук П.І. _____

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ. Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник _____

Головань І. О.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Анотація

Головань Іван Олександрович «Використання автономного життєзабезпечення будинку з використанням сонячних батарей та колекторів». Кваліфікаційна робота бакалавра. – Одеса: ОНТУ, 2026. – 104 с. Бібліогр: 12. Іл: 16. Табл: 10.

Метою проекту є обґрунтування розрахунковим шляхом доцільність енергонезалежного будинку на основі інтегрованих фотоелектричними колекторами сонячної енергії. В роботі проведено дослідження основних альтернативних джерел енергії: низько потенційна теплова енергія, енергія Сонця та енергія вітру, наведено теоретичне обґрунтування будівництва житла з фотоелектричними сонячними колекторами та додатковими альтернативними джерелами енергії; обґрунтовано використання альтернативних джерел енергії при проектуванні об'єктів житлово-цивільного призначення (на прикладі житлового будинку); наведено екологічне обґрунтування будівництва економу та виконаний економічний аналіз застосування нетрадиційних джерел енергії для сучасних будинків.

Пояснювальна записка містить 103 сторінки машинописного тексту, 17 таблиць, 16 рисунків, список використаних літературних джерел - 12 найменувань.

Ключові слова: енергонезалежний будинок, фотоелектричні сонячні колектори, альтернативні джерела, низькопотенційна теплова енергія, економічна ефективність.

Abstract

Golovan Ivan Oleksandrovich “Vikoristannya of an autonomous living unit with a vikoristan of solar batteries and collectors.” Bachelor's qualification. – Odessa: ONTU, 2026. – 104 p. Bibliography: 12. Il: 16.

The master thesis is devoted to the study by calculation of the feasibility of an energy-independent house based on integrated photovoltaic collectors of solar energy. The paper researches the main alternative energy sources: low-potential thermal energy, solar energy and wind energy, provides a theoretical rationale for the construction of housing with photovoltaic solar collectors and additional alternative energy sources; the use of alternative energy sources in the design of residential and civil objects is substantiated (using the example of a residential building); the ecological justification of the construction of the economy is given and the economic analysis of the use of non-traditional energy sources for modern buildings is performed.

The volume of the explanatory note: 103 pages of text, 17 figures, 13 tables, 25 references to literary sources.

Keywords: energy-independent house, photovoltaic solar collectors, alternative sources, low-potential thermal energy, economic efficiency.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ: НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНА ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ, ЕНЕРГІЯ СОНЦЯ ТА ЕНЕРГІЯ ВІТРУ	8
1.1 Теоретичне обґрунтування будівництва житла з фотоелектричними сонячними колекторами та додатковими альтернативними джерелами енергії	8
1.2 Енергія сонця	11
1.2.1 Аналіз величини енергії, що падає на Землю	11
1.2.2 Особливості сонячних батарей	12
1.2.3 Теплові сонячні колектори	17
1.3 Сучасні принципи енергозбереження в будинках	19
1.4. Опалення будинку. Низькопотенційна теплова енергія	23
1.5 Енергія вітру	31
1.5.1 Вітер як джерело енергії	31
1.5.2 Залежність швидкості вітру від характеру поверхні	31
Висновки з першого розділу	33
2 ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ОБ'ЄКТІВ ЖИТЛОВО-ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ (НА ПРИКЛАДІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ)	35
2.1 Архітектурно-конструктивна частина	35
2.2 Фундамент – основа будинку	38
2.3 Огороджувальні конструкції та внутрішні стіни	39
2.4 Характеристика та розрахунки сонячних батарей	41
2.5 Характеристика та розрахунок вітряного генератора	56

					КРБ. АТЕРС.1.58-03.3.1			
Зм.	Арк.	№ Документа	Підпис	Дата				
Розробив		Головань			Зміст		Літ.	Арк.
Перевірів		Осадчук						Аркушів
								5
								103
Затв.		Жигайло					ОНТУ група АЕМз-31	

2.6 Характеристика та розрахунок сонячного колектора	64
2.7 Характеристика та застосування теплонасосу в будинку	76
2.8 Автономність досліджуваного об'єкта	81
Висновки з другого розділу	86
3 ЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ БУДІВНИЦТВА ЕКОДОМУ	87
4 ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	89
ВИСНОВКИ	95
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	98
ДОДАТОК А. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ АВТОНОМНОГО БУДИНКУ	101
ДОДАТОК Б. ГРАФІЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ (ПРЕЗЕНТАЦІЯ)	103

ВСТУП

Традиційне виробництво та використання енергії пов'язані із забрудненням навколишнього середовища. Так, наприклад, при спалюванні викопних видів палива, утворюються токсичні гази та речовини, що негативно впливають на навколишнє середовище. Споживання енергії по всьому світу найближчими роками зростатиме, і ми не зможемо відмовитися від викопних видів палива. Наслідком буде зростання забруднення навколишнього середовища на місцевому, регіональному та глобальному рівнях. Раціональне використання енергії, скорочення споживання енергоносіїв, а також застосування технологій, що не завдають шкоди навколишньому середовищу, є важливими інструментами у сфері охорони навколишнього середовища. Істотна роль зниження рівня екологічного забруднення від використання традиційних видів палива належить розширенню застосування відновлюваних джерел енергії.

Мета роботи – є обґрунтування розрахунковим шляхом доцільність енергонезалежного будинку на основі інтегрованих фотоелектричними колекторами сонячної енергії.

Завдання досліджень:

- дослідження основних альтернативних джерел енергії: низькопотенційна теплова енергія, енергія сонця та енергія вітру;
- характеристика енергонезалежного будинку;
- розрахунки та екологічне обґрунтування енергонезалежного будинку;
- економічна ефективність використання низькопотенційної теплової енергії, енергії сонця та енергії вітру.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛОВ ЕНЕРГІЇ: НИЗЬКО ПОТЕНЦІЙНА ТЕПЛОВА ЕНЕРГІЯ, ЕНЕРГІЯ СОНЦЯ ТА ЕНЕРГІЯ ВІТРУ

1.1 Теоретичне обґрунтування будівництва житла з фотоелектричними сонячними колекторами та додатковими альтернативними джерелами енергії

Необхідність проектування та будівництва житлових будинків з низьким енергоспоживанням (ДНЕ) викликана низкою причин. Через екологічну та енергетичну кризи виникає гостра необхідність у збереженні природних ресурсів усіх видів. Більшість житлових будинків дотепер побудовано без урахування всіх вимог теплоізоляції за типовими проектами, в яких не враховано кліматичні особливості різних регіонів.

За кордоном питаннями проектування енергозберігаючих житлових будинків із використанням відновлюваних джерел енергії займалися: А. Девіс, Р. Шуберт, Р. Ліпмайстер, С.В. Заколів, Р.С. Грилей, Р.П. Оулетт, Д. Ватсон, Б. Андерсон, Е. Харкнесс, М. Мехта, М. Телкес, Томасон, С. Байєр, Г. Берндт, Ст Файст, Е. Морган, Ф. Тромба, Мішель, С. Танакі, Р. Суду та ін [4]. Серед зарубіжних дослідників цієї проблематики слід зазначити архітекторів: З. Зоколей, З. Удел, Б. Андерсон, Д. Ватсон, А. Шуберт, Р. Хилльманн. Серед сучасних зарубіжних дослідників можна згадати архітекторів – Петера та Брендю Вале, Сьюзан Роаф.

Використання альтернативних (відновлюваних) джерел енергії в архітектурі малоповерхових житлових будинків безпосередньо пов'язане із проблемою енергозбереження у житловому будівництві.

На думку Казанцева П.А., екологічний будинок – це раціонально побудована конструкція будинку з удосконаленими за допомогою нових технологій, що обслуговують інженерні системи життєзабезпечення, як правило, автономними для одного або кількох будинків.

Як впливає із самої назви, екологічність є основною якістю будинку, з

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якого впливають інші. Екологічність за Казанцевим передбачає ненанесення шкоди природі і людині, мінімальне забруднення довкілля як пряме, і непряме.

Пряме забруднення – це застосування «брудних» (токсичних) матеріалів, забруднення відходами життєдіяльності та безпосереднє використання невідновних джерел енергії: нафти, газу, вугілля та ін. Безпосереднє використання невідновних джерел передбачає застосування викопного палива для автономного енергозабезпечення будинку, їжі, вугілля та нафтопродуктів для опалення та виробництва гарячої води (автономні котли та газогенератори), бензину та солярки для виробництва електроенергії (дизельні мініелектростанції).

Непряме забруднення – це опосередковане використання невідновних джерел енергії через використання централізованих мереж для енергопостачання та каналізації відходів будинку, а також застосування будматеріалів (навіть екологічно чистих), для виробництва яких використовуються «брудні» технології.

З цього випливає, що екологічність передбачає відмову як від прямого, так і від непрямого забруднення природи. На цьому впливає, по-перше, необхідність автономності, тобто. незалежності від централізованих мереж енергопостачання та каналізації, щоб унеможливити використання непрямих джерел забруднення, а також масових виробників будматеріалів, які використовують у більшості випадків «брудні» технології. Це означає, що екобудинок повинен забезпечуватися теплом, електроенергією, гарячою та холодною водою тільки за рахунок внутрішніх джерел та мати автономну систему каналізації та утилізації побутових відходів. Оскільки має бути виключено і пряме забруднення (використання викопного палива для внутрішнього використання), то екобудинок повинен забезпечуватися енергією тільки за рахунок альтернативних відновних джерел – сонця, вітру, води,

Накопичення тепла – найважливіша характеристика екодому. Вона забезпечується конструктивними, архітектурно-планувальними рішеннями,

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

застосуванням ефективних утеплювачів, використанням акумуляторів тепла тощо. Економія тепла досягається мінімізацією кількості та розмірів опалювальних приміщень, підтримкою розумної температури у житлових приміщеннях.

Накопичення та економія електроенергії досягається використанням високоекономічних джерел світла та побутових приладів, а також електроакумуляторів.

Економія та накопичення води передбачає поділ її на чисту питну та воду для технічних потреб, повторне використання останньої, застосування різних резервуарів для її накопичення та ефективних водозберігаючих приладів.

Відмова від прямого забруднення передбачає використання в конструкції будинку нетоксичних, безпечних для здоров'я матеріалів, необхідність хорошої вентиляції та застосування різних систем очищення та повної утилізації продуктів життєдіяльності. Ще один аспект екологічності - можливість повної утилізації будматеріалів після закінчення їх терміну служби.

Комфортність передбачає зручність та сприятливі умови проживання. Тобто будинок повинен бути світлим, сухим, взимку теплим, влітку холодним, мати свіже повітря, достатню (але розумну) кількість житлових і підсобних приміщень і розвинену систему холодозабезпечення.

Краса відноситься до естетичної (а точніше до духовної) категорії та є важливим елементом екодома. Простіше кажучи, будинок повинен мати привабливий вигляд, що радує погляд.

Низька вартість - найважливіша якість екодома, оскільки передбачає доступність його за ціною більшої частини населення. Він принаймні має бути порівнянний за витратами на будівництво з традиційним будинком (в ідеалі бути дешевшим), а в частині експлуатації – значно дешевшим за нього. Взагалі вартість екодома безпосередньо пов'язана з іншими його якостями, а в деяких випадках є визначальною категорією для вибору конкретних рішень.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Наприклад, ретельне збереження тепла в будинку, що призводить до використання додаткових нестандартних конструкторських рішень та матеріалів, викликане не в останню чергу дорожнечою автономних джерел енергії (ЗЕЗ, сонячних модулів тощо). Зрозуміло, що можна було б так ретельно не боротися за збереження тепла, гарячої води та електроенергії, а вирішити проблему в лоб: встановити вітроелектростанцію (ВЕС) потужністю, скажімо 20-30 кВт і гріти електрикою котли опалення та гарячої води. Вартість такої ВЕС була б набагато вищою за вартість будинку. Це, звичайно крайність, є інші раціональніші прийоми опалення неутепленого будинку (наприклад, газогенераторними печами великої потужності), але і вони економічно менш доцільні, ніж посилення теплоізоляції корпусу в сукупності з максимальним використанням «безкоштовної» сонячної енергії.

Потрібно спрямувати зусилля на те, щоб ті, хто може і буде собі вдома, почали будувати саме екодом [12].

1.2 Енергія сонця

1.2.1 Аналіз величини енергії, що падає на Землю

Первинною енергією життя на Землі за невеликим винятком є сонячна. Вона, як показують розрахунки, у більшості районів Землі може бути основним джерелом енергії для екодома. Ідея "сонячного будинку" має солідний вік, а якщо звернутися до традиційних вірувань, має ще й містичне обґрунтування. Екологічний будинок має максимально повно використовувати сонячне випромінювання. За відсутності атмосфери Землі на перпендикулярну випромінюванню майданчик у 1 м падало б 1400 Вт енергії. Ця величина називається сонячною постійною. Вона коливається залежно від активності Сонця, але трохи. За відсутності хмар земна атмосфера розсіює близько 20% усієї сонячної радіації. Загалом у ясний сонячний день близько 80% енергії сонячного випромінювання досягає земної поверхні. У середньому через екранування хмарами земної поверхні доходить 52%

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

сонячної енергії. Всього на Землю на рівні моря приходить щорічно близько 800 трильйонів мегават годин сонячної енергії, що приблизно у вісім тисяч разів більше, ніж вся сучасна вироблення енергії людиною [16].

1.2.2 Особливості сонячних батарей

Фотоенергетика може стати провідним джерелом енергії світової великої промисловості. Це підтверджують зроблені у 1994г. розробки, вважають експерти. В результаті створення нових технологій та підвищення технічного рівня продукції може бути подолано бар'єр для впровадження фотоелектричних систем, пов'язаний з високою їх вартістю. Так, з ініціативи корпорації Енрон ведеться розробка фотоелектричної станції потужністю 100 МВт для будівництва в Неваді, на якій вартість електроенергії, що виробляється, складе 5,5 цента/(кВт/год).

Починаючи з 70-х років уряди індустріальних країн витратили мільярд доларів на розробки фотоелектричних перетворювачів. За останні 10 років вартість фотоелектричних перетворювачів знижувалась і досягла 3,5-4,75 дол/Вт, а вартість одержуваної енергії 25-40 центів/(кВт/год). Світовий обсяг виробництва з 6,5 МВт 1980г. збільшився до 29 МВт 1987г. і в 1993г. становив понад 60 МВт.

Якщо навіть щорічно у світі забезпечуватиметься фотосистемами 4 млн. будинків (1% тих, що електрифікуються щорічно), то загальна встановлена потужність фотосистем становитиме всього 200 МВт, що в 4 рази менше від світового виробництва їх у 1993 р. Якщо виробництво фотосистем досягне щорічно 1% загального продажу енергії у світі, то їх виробництво порівняно із сучасним рівнем має зрости десятикратно, а збільшення до 10% цього продажу призведе до стократного зростання виробництва фотосистем.

Для успішного впровадження фотосистем їх питома вартість має бути знижена в 3-5 разів, перш ніж з'являться великі енергосистеми.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Половина продажу кремнію посідає монокристали, полікристалічна модифікація також має велике майбутнє. Велике майбутнє матимуть тонкоплівкові системи, зокрема на основі аморфного кремнію. Деякі зразки фотоелектро-перетворювачів на основі аморфного кремнію мають ККД 10%, питому вартість 1 дол/Вт, вартість електроенергії, що одержується, 10-12 центів/(кВт/год) - це нижче, ніж була її вартість у 1993г. Є перспектива зниження вартості до 4 центів/(кВт/год) до 2020г.

Перша сонячна батарея була розроблена групою американських вчених у 1954 році. Винахідникам вдалося досягти 6% ККД.

Вже за 4 роки сонячна батарея стала основним джерелом електроенергії на космічних кораблях у всьому світі. Але прилади були досконалими, і вчені продовжували роботу у цьому напрямі.

У сімдесятих роках кремнієва сонячна батарея мала ККД 10%. Ці пристрої цілком успішно використовували на космічних апаратах, але сенсу використовувати їх Землі був. Причому і вартість цих пристроїв була великою, що просто можна пояснити дорожнечою матеріалу, що використовується для їх виготовлення.

Зрушення у розвитку альтернативних джерел електроенергії було відзначено лише у дев'яностих роках. Група вчених із США змогла домогтися значного підвищення ефективності сонячних батарей шляхом створення особливого кольоросенсибілізованого їх типу.

Відрізнялися ці сонячні батареї простотою виробництва, невисокою собівартістю матеріалів, економічністю.

Виробництво сонячних батарей було налагоджено наприкінці вісімдесятих. Сонячні батареї, що випускаються сьогодні, мають ККД трохи більше 20%.

Нині сонячні батареї, сонячна енергетика, хоч все ще і не є провідною енергогалузю на планеті, все ж таки знаходить застосування в багатьох областях нашого життя. Основним матеріалом для виробництва сонячних елементів до сьогодні залишається досить поширений хімічний елемент -

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

кремній (Si), що становить майже четверту частину маси земної кори. Кремнієва сонячна батарея – найбільш відомий перетворювач – дозволяє в середньому отримувати напругу 0,6 В. Її середня ефективність перетворення становить 10-25% (максимальне значення – 41%). Коефіцієнт корисної потужності (відношення отриманої середньої потужності до потужності, яка може бути отримана за постійного перетворення сонячної енергії) 15-20 %. Струм, що генерується сонячною батареєю, пропорційний інтенсивності падаючого світла. Для збільшення струму сонячні батареї можна з'єднати паралельно, що не викликає труднощів. Але послідовне їх з'єднання збільшення напруги проблематично. Перспективні та сонячні батареї, виконані на органічних матеріалах та оптоволокна на основі сенсibilізованих барвників (Dye-sensitized solar cells, DSSC). Хоча термін їхньої служби складає всього від одного до п'яти років, вони дешеві, прозорі, працюють при низьких рівнях, освітленості. До того ж, їх виготовляють шляхом друку на підкладки великої площі. Такі сонячні батареї можуть успішно застосовуватися в системах живлення пристроїв із середнім терміном служби: медичних приладах одноразової дії, торгових бирках, електронних етикеток. Перспективні та сонячні батареї, виконані на органічних матеріалах та оптоволокна на основі сенсibilізованих барвників (Dye-sensitized solar cells, DSSC). Хоча термін їхньої служби складає всього від одного до п'яти років, вони дешеві, прозорі, працюють при низьких рівнях, освітленості. До того ж, їх виготовляють шляхом друку на підкладки великої площі. Такі сонячні батареї можуть успішно застосовуватися в системах живлення пристроїв із середнім терміном служби: медичних приладах одноразової дії, торгових бирках, електронних етикеток.

Розроблено сонячні батареї з терміном служби до 20 років – на основі нанокремнію, диселеніду меді-індія-галію, а також тонкоплівкові на основі телуриду кадмію.

Перетворення енергії в сонячних елементах відбувається внаслідок так званого фотовольтаїчного ефекту в неоднорідних напівпровідниках при

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

впливі на них сонячного випромінювання. За своєю будовою сонячний елемент нагадує бутерброд, який складається із двох напівпровідникових пластинок. Зовнішня платівка містить надлишок електронів, а внутрішня платівка — недолік. Попадання фотона світла на зовнішню пластинку викликає вибивання з неї електрона і перехід його на внутрішню пластину, що створює електричний струм [2].

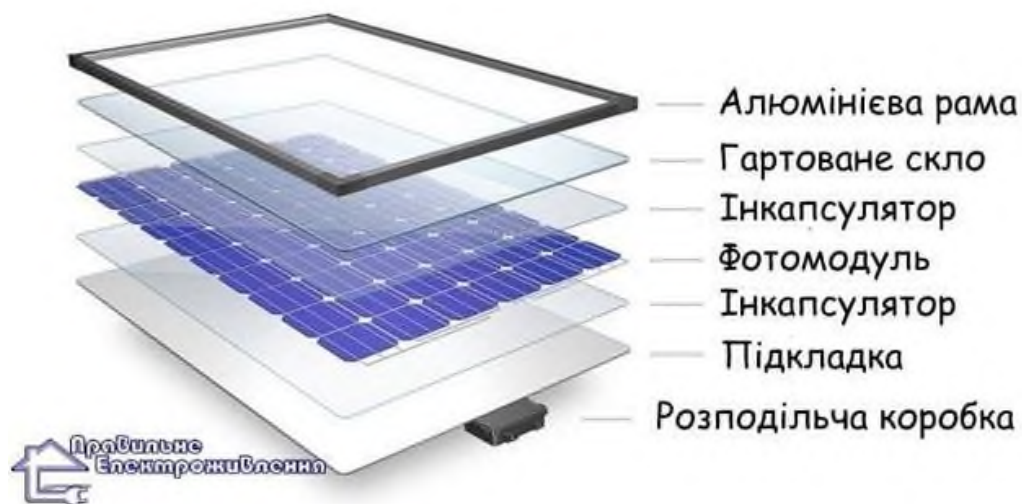


Рисунок 1.2 – Сонячна батарея

Найбільш широке поширення сонячні батареї мають у США та країнах Європи, Японії, Кореї, Китаї. У Європі, наприклад, де питанням екології приділяється дуже багато уваги, існують спеціальні держпрограми підтримки сонячної енергетики. Наприклад, у деяких районах власники будинків із сонячними батареями віддають вироблену за день сонячну енергію до загальної мережі, за що отримують пільги при оплаті електроенергії. У Німеччині надлишок електроенергії, що виробляється влітку приватними сонячними батареями, купують енергозберігаючі компанії, незважаючи на її дещо вищу вартість порівняно із «звичайною» з метою підтримки розвитку «зелених технологій». Завдяки державній програмі, яка компенсує до 70 відсотків витрат на так звану «соляризацію» будинків та пільги при оплаті, у ФРН на «сонячну» електрику переходить до півмільйона квадратних метрів дахів на рік. Перший такий урядовий проєкт фінансової підтримки власників «сонячних» будинків був ухвалений німцями ще 1990 року і називався тоді

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

«1000 сонячних дахів». За Німеччиною подібний проект, але вже під назвою «100000 сонячних дахів» був прийнятий для всіх країн-членів Євросоюзу (ЄС). У Японії та США аналогічні проекти називалися відповідно «70000 сонячних дахів» та «1000000 сонячних дахів». Навіть Монголія приєдналася до нового руху: «100 000 сонячних юрт» — так називався її проект, але вже під назвою «100 000 сонячних дахів» був прийнятий для всіх країн-членів Євросоюзу (ЄС). У Японії та США аналогічні проекти називалися відповідно «70000 сонячних дахів» та «1000000 сонячних дахів». Навіть Монголія приєдналася до нового руху: «100 000 сонячних юрт» — так називався її проект.

Будівництво «сонячних» будинків на Заході давно вже є ознакою респектабельності і, незважаючи на тривалий термін окупності (7-10 років), користується все більшою популярністю. Нові будинки в Іспанії також згідно з державною програмою будуються із сонячними батареями на дахах. У Голландії неподалік містечка Херхюговард створено експериментальний район, названий «Місто Сонця». Електроенергія виробляється за допомогою сонячних панелей, встановлених на дахах будинків. У середньому один будинок у «Місті Сонця» виробляє до 25 кВт електроенергії. У перспективі передбачається збільшити загальну потужність "Міста Сонця" до 5МВт. І це лише деякі факти заохочення використання енергії Сонця на державному рівні.

На думку Європейської Асоціації Фотовольтаїки* (EPIA), до 2020 року вартість електроенергії, що виробляється «сонячними» системами, знизиться до рівня менше 0,10 € за кВт/год для промислових установок і менше 0,15 € за кВт/год для установок у житлових будинках. Згідно з прогнозом EPIA, до 2030 р. сонячні батареї будуть виробляти до 2646 ТВт електроенергії,

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

задовольняючи від 8.9 до 13.8% світових потреб. Річний обсяг ринку фотовольтаїки досягне €454 млрд. До 2025 року, завдяки фотоенергетиці, буде скорочено викиди у навколишнє середовище на 353 млн. тонн. Цей показник еквівалентний обсягу викидів в Австралії та Новій Зеландії, або 150 вугільних електростанцій [6].

«Сонячні» технології знаходять нині застосування у різних сферах життя та діяльності людей. У тому числі в галузі створення клімату. Мова не про глобальний клімат на планеті, хоча і тут екологічно чиста сонячна енергетика не завдає жодної шкоди: викидів забруднюючих речовин, руйнування озонового шару. Мова все ж таки про клімат в окремо взятій квартирі, будинку, офісі. З 2012 року найбільший світовий виробник кліматичної техніки – GD MideaHoldingCo., Ltd (бренд MDV) – почне постачання в нашу країну своїх нових спліт-систем Solarpower DC-Inverter.

1.2.3 Сонячні колектори

Сонячні рідинні колектори є плоскими нагрівальними панелями з внутрішніми каналами. Ці панелі з робочої сторони покриті спеціальним селективним складом, завдяки якому панель поглинає до 95% сонячної енергії, що падає, а випромінює назад тільки 8-11%. Панель розміщена в алюмінієвій рамці, яка спереду покрита міцним склом, а ззаду утеплювачем. Сонячні колектори розміщують, як правило, на даху під розрахунковим кутом. Сонячне проміння нагрівають рідину в каналах колектора, яка самопливом або за допомогою маленького насоса подається в бойлер з теплообмінником для нагрівання води на господарські потреби. Така система з 4 колекторів "Райдуга" та бойлера забезпечує автономний будинок гарячою водою з травня по вересень-жовтень.

Теплові сонячні колектори перетворюють енергію сонячного випромінювання безпосередньо на тепло, нагріваючи теплоносії — воду, антифриз, повітря. Перевагою теплових сонячних перетворювачів є високий

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

ККД та відносно низька вартість. У сучасних колекторів ККД досягає 45-60%.

Теплообмін у вакуумному сонячному колекторі відбувається так:

- поглинання сонячного випромінювання. Сонячний промінь потрапляє на абсорбер геліоколектора (спеціальне покриття, яке характеризується підвищеною здатністю поглинати теплову енергію) перетворюється на тепло і передається у внутрішню частину трубки, звідки тепло передається в систему опалення;

- передача тепла. Теплові мідні трубки вакуумного трубчастого сонячного колектора, які розміщені всередині скляної трубки, отримують теплову енергію від абсорбера. Низькокипляча рідина починає кипіти, пара цієї рідини піднімається нагору. Відбувається процес передачі тепла від усієї трубки довжиною до верхньої колби (конденсатор);

- теплообмін між колбою (конденсатором) та теплозбірником. Пар низькокиплячої рідини зібраний у верхній частині трубки під впливом теплообміну з теплозбірником, через який прокачується антифриз і має температуру значно нижче, конденсується. При конденсації відбувається передача тепла від низькокиплячої рідини до антифризу, сконденсована рідина по мідних стінках теплової труби стікає донизу і процес поглинання сонячного променя починається знову. Нагрітий антифриз потрапляє у від геліоколектора в бак-акумулятор;

- збереження сонячної енергії. Антифриз (незамерзаюча рідина) забрав тепло від сонячного колектора передає його через теплообмінник в бак-акумулятор, внаслідок цього температура антифризу знижується і він прямує до сонячного водонагрівача за новою порцією теплової енергії. Температура води в баку-акумуляторі поступово підвищується, а певний об'єм бака дозволяє забезпечити достатнє акумулювання теплової енергії для ваших потреб.

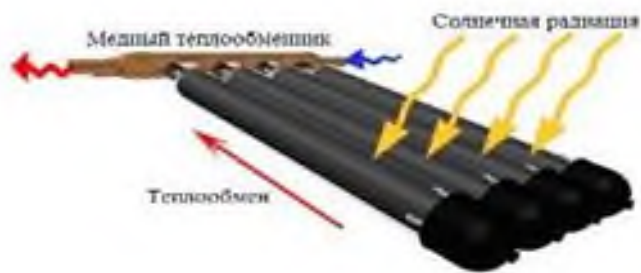


Рисунок 1.3 – Теплообмін у вакуумному сонячному колекторі

Спектральний склад сонячного випромінювання наведено в таблиці 1.1. Пристрої, що перетворюють сонячну енергію в тепло, використовують довгохвильову (інфрачервону) частину спектра, що перетворюють на електроенергію, короткохвильову. Як очевидно з таблиці, теплове сонячне випромінювання лише на рівні земної поверхні в енергетичному вираженні в 1,2 разу перевищує оптичне [24].

Таблиця 1.1 – Енергетичний спектр сонячного випромінювання

	На верхній межі атмосфери	Біля землі
Ультрафіолет	9%	1%
Видиме світло	44%	45%
Інфрачервоне (теплове) випромінювання	47%	54%
Усього	100%	100%

У центральній Європі річний прихід сонячної радіації становить 1,1 МВт-год/м²-рік, у районах Сахари - 2,3 МВт-год/м²-рік.

1.3 Сучасні принципи енергозбереження в будинках

За даними Центру ООН із населених пунктів, використання енергії у житлово-комунальному секторі становить 40 % від загальної кількості, що виробляється у світі. Викиди в атмосферу оксидів сірки та вуглекислого газу від експлуатації житла становлять 70% та 50% відповідно. Однак при

використанні традиційних та сучасних екологічних технологій будинків може не тільки не порушувати балансу у навколишньому середовищі, а й сприяти його відновленню [5].

У поняття «Екодом» вже закладено енергозбереження, енергоефективність. «Екодом» передбачає мінімальне енергоспоживання енергії та ефективне його використання всередині будинку. Крім цього, «Екодом» вбудовується в кожне конкретне місце та використовує ті ресурси, які це місце має. Використання нетрадиційних джерел енергії (сонце, вітер, річки, водоймища, геотермальні джерела) обов'язково розглядається.

Часто ставиться два питання: де взяти енергію (електричну, теплову) і скільки це коштуватиме? Цілком не ставить питання: як раціонально та ефективно використовувати цю енергію? Без цього головного питання інші два часто стають просто непереборною перешкодою. Тільки спочатку вирішивши це головне питання, можна розглядати решту. Тоді вони вже будуть не такими непереборними.

Тому пропонуємо спочатку розглядати питання про ефективне використання енергії, а потім, як отримувати енергію і скільки це буде коштувати.

Перше, з чого починається енергозбереження - це високий термічний опір зовнішніх конструкцій, що захищають. Це найефективніше інвестування в енергозбереження. Не забезпечивши цього параметра будинку, безглуздо говорити про економію енергії або використання сонця для опалення. Я вважаю, що термічний опір стін повинен бути не меншим за $R=6 \text{ (м}^2 \text{ К)}/\text{Вт}$.

Друге. Енергію слід підрозділяти за якістю на енергію високої якості та нижчої. Наприклад, електрична енергія у стабільній мережі 220 V 50 Гц – це енергія високої якості. Її доцільно використовувати лише там, де без неї неможливо обійтись: холодильник, комп'ютер, телевізор, насос, побутові прилади з електродвигунами.

Для освітлення або роботи чайника і електроплити зовсім не обов'язково мати змінний струм високої якості. Тут може бути низька якість електроенергії

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

та постійний струм. Деякі побутові прилади мають колекторні двигуни (наприклад, пилосос) і тому вони можуть працювати від 220 В постійного струму.

Цілком нераціонально використовувати електрику для опалення. При отриманні електричної енергії на теплових станціях коефіцієнт корисної дії (ККД) за електрикою становить близько 30%. Автономні дизель генератори також мають ККД 30%. Тому спалювати органічне паливо для вироблення електричної енергії, яка використовуватиметься на опалення – нерозумно. Ефективнішим у цьому випадку буде безпосереднє спалювання органічного палива для отримання тепла на опалення.

Компресійні теплові насоси, що працюють від електрики високої якості, перекачують тепло з низькотемпературних джерел (річка, водоймище, ґрунтові води) в систему опалення та гарячого водопостачання будинку. При цьому витрачається електрична енергія до 30 % від загальної кількості отриманого тепла. Якщо ця електрика отримана при спалюванні органічного палива, економія палива дорівнює нулю [17].

Теплова енергія – це енергія низької якості. Її і раціонально використовувати на потреби опалення та гарячого водопостачання, а також приготування їжі. Як джерела цієї енергії можуть бути традиційне паливо: вугілля, дрова, газ, так і нетрадиційні джерела: сонячна енергія, біогаз.

Третє. Акумуляування енергії – теплової, електричної. Акумуляування енергії - серйозний фактор економії енергії в автономному будинку. Акумуляування дозволяє перерозподіляти отримання та споживання енергії у часі. Наприклад, сонце гріє вдень, а максимальне навантаження на опалення вночі (добове акумуляування), або влітку надлишок сонячного тепла – а взимку нестача (сезонне акумуляування).

Акумуляування дозволяє накопичувати енергію маленькими порціями, а віддавати – більшими. Часта помилка: наприклад, максимальне споживання електричної енергії 5 кВт і замовник каже, що йому потрібна електрична станція потужністю 5 кВт. А це відповідна вартість. Крім того, ця станція

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

повинна працювати саме тоді, коли потрібна ця потужність. Але така потужність потрібна не весь час, а тільки на якийсь період? Тому за наявності акумулювання електричної енергії, потужність електричної станції вже може бути значно меншою, отже, дешевшою. Крім цього, при споживанні електричної енергії, електрична станція може і не працювати, а включатися в інший час. У цьому випадку електричною станцією вже може бути вітрогенератор або сонячний модуль, або міні ГЕС, або генератор з двигуном внутрішнього згоряння,

Принцип акумулювання поширюється на теплову енергію. Надлишок тепла скидається в тепловий акумулятор і споживається при необхідності. Теплові акумулятори бувають водяні, ґрунтогравійні та хімічні. Перші два є частиною конструкції будинку. Хімічні використовують спеціальні речовини, що зберігають тепло у вигляді хімічних зв'язків. Вони чудово зберігають велику кількість теплової енергії багато місяців без втрат. Наприклад, у 3 м3 хімічної речовини можна за літо нагромадити достатню кількість тепла на весь наступний опалювальний період.

Четверте. Сама архітектура та конструкція будинку має сприяти ефективному накопиченню та використанню енергії. "Екодом" - це будинок-колектор, будинок-акумулятор та будинок-термос.

П'яте. Використання у будинку енергоефективного обладнання. Існують різні типи побутових електроприладів, котлів, світильників, що відрізняються один від одного енергоефективністю. Наприклад, лампи денного світла споживають менше енергії, ніж лампи розжарювання.

Енергоефективні лампи "OSRAM" при однаковій силі світла споживають у 5 разів менше електричної енергії, ніж лампи розжарювання, і служать у 10 разів довше.

Шосте. Використання автоматизації. Наприклад, освітлення включається лише там, де перебувають люди. Під час руху людини по дому в темний час доби світло автоматично вмикається та вимикається. Відомо, що сонячних модулів на 100-200 Вт, акумуляторної батареї та датчиків

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

присутності достатньо для забезпечення освітлення повністю автономного будинку [15].

1.4 Опалення будинку. Низькопотенційна теплова енергія

Сучасний будинок - складна технічна споруда з безліччю технічних характеристик. Найважливішим з них є аналог витрати палива у автомобіля - витрати на опалення в натуральному та грошовому вираженні. У різних будинках вони можуть відрізнятися у десятки разів [20].

Теплові втрати будинку залежить від фізико-географічних умов, насамперед від суворості зими. Тепловтрати у першому наближенні пропорційні зниженню температури та тривалості періоду з низькими температурами. Тому суворість опалювального сезону характеризується числом градусів- днів (ДСОП) — добутком середнього відхилення температури нижче 18 градусів на середню тривалість доби опалювального періоду. Тимчасові межі опалювального сезону за російськими нормативами (в інших країнах можуть бути іншими) визначаються стійким переходом середньодобових температур зовнішнього повітря через +8 °С. ДСОП задається як карти з ізолініями чи вигляді таблиці з усередненими значеннями для районів країни.

У першому наближенні тепловтрати будівель взимку пропорційні зниженню температур та тривалості опалювального періоду. Це враховується таким параметром, як ДСОП – градусодоба опалювального періоду. ДСОП підраховується як сума різниць температури в 18°C та середньодобових температур для кожного дня за період, коли ці температури опускалися нижче 8°C, причому сума вважається не за конкретним роком, а за усередненим за багаторічними спостереженнями [8-26].

Таким чином, витрати на опалення у тому чи іншому географічному районі пропорційні цьому показнику.

Будинок є єдиною теплоенергетичною системою, в якій, крім власне

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

опалення, постійно йде безліч енергетичних процесів, що супроводжуються виділенням тепла. Це робота побутових приладів і пристроїв, освітлення, віддача тепла гарячою водою, нагрівання сонцем стін і променями предметів інтер'єру, що проходять через вікна і т.д. І нарешті, самі люди та свійські тварини виділяють помітні кількості тепла. Так, доросла людина, зайнята легкою працею, розсіює потужність 200-300 Вт, при збільшенні фізичної активності це значення збільшується багаторазово. Розрахунки дозволяють оцінити тепловиділення сім'ї із чотирьох осіб з урахуванням факторів середнього часу перебування та характеру фізичного навантаження в 1-1,5 МВт-годину за опалювальний сезон.

Тепло розсіюється також освітлювальними та іншими електропобутовими приладами (2-3 МВт/год), гарячою водою (2-3 МВт/год), плитою для приготування їжі (1-1,5 МВт-год), біотуалетом (0.5-1 МВт-годину). Сонячне випромінювання, проходячи крізь вікна та нагріваючи стіни, дає в середньому ще кілька МВт-годину. Якщо підсумувати ці теплонадходження, то отримаємо близько 10 МВт/год за опалювальний сезон, що дорівнює потребі тепла на обігрів добре утепленого будинку з питомим показником теплоспоживання для середньо російських умов 30-40 кВт-год/м-рік. Тому немає сенсу утеплювати будинок до нескінченності, бо, перестаравшись, можна зіткнутися з необхідністю охолодження будинків навіть узимку, коли внутрішні тепловиділення помітно перевищують втрати. Таким чином, достатньо в залежності від широти місцевості утеплити будинок до такої міри, щоб його втрати в холодний період були в середньому рівні внутрішнім тепловиділенням. Розрахунки показують, що для цього достатньо шару менш ніж півметрової товщини будь-якого з ефективних сучасних теплоізоляційних матеріалів з показником питомої теплопровідності 0,04-0,05 Вт/м-градус (вже відомі і найкращі показники).

Система обігріву енергоефективного будинку може містити основну та допоміжну системи. Основна зазвичай складається з сонячного теплового колектора та теплоаккумулятора, що запасає тепло за добовими та сезонними

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

циклами. Конструкції акумуляторів тепла можуть бути різними: у Швеції та Норвегії віддають перевагу твердотільні акумулятори під будинком; у США та Німеччині – рідинні всередині будинки (на 200 кв. м житлової площі – близько 15 тонн води). Зазвичай такі системи коштують недешево, проте їх можна зробити менш дорогими, використовуючи місцеві матеріали та комплектуючі [17].

Нами буде розглянуто опалення будинку через тепловий насос. Ще позаминулому столітті британський фізик Вільям Томпсон придумав пристрій, який назвав "умножителем тепла", що і заклало фундамент для розвитку даної технології.

Тепловий насос- це багатфункціональний прилад, що поєднує функції опалювального котла, джерела гарячого водопостачання та кондиціонера. Основна відмінність від решти джерел тепла полягає у винятковій можливості використовувати відновлювану низькотемпературну енергію навколишнього середовища на потреби опалення та нагрівання води. Ці пристрої називають "тепловими насосами", завдяки можливості, так би мовити, "перекачувати" тепло з низькотемпературного джерела в високотемпературний. Такі системи працюють без використання палива і практично не виробляють шкідливих викидів в атмосферу, крім іншого, вони економлять до 80% енергії, що спрямовується на опалення. Цю енергію пристрій отримує з навколишнього середовища, а значить платити потрібно лише за ті 20% енергії,

Принцип роботи теплового насоса представлено рисунку 1.2.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

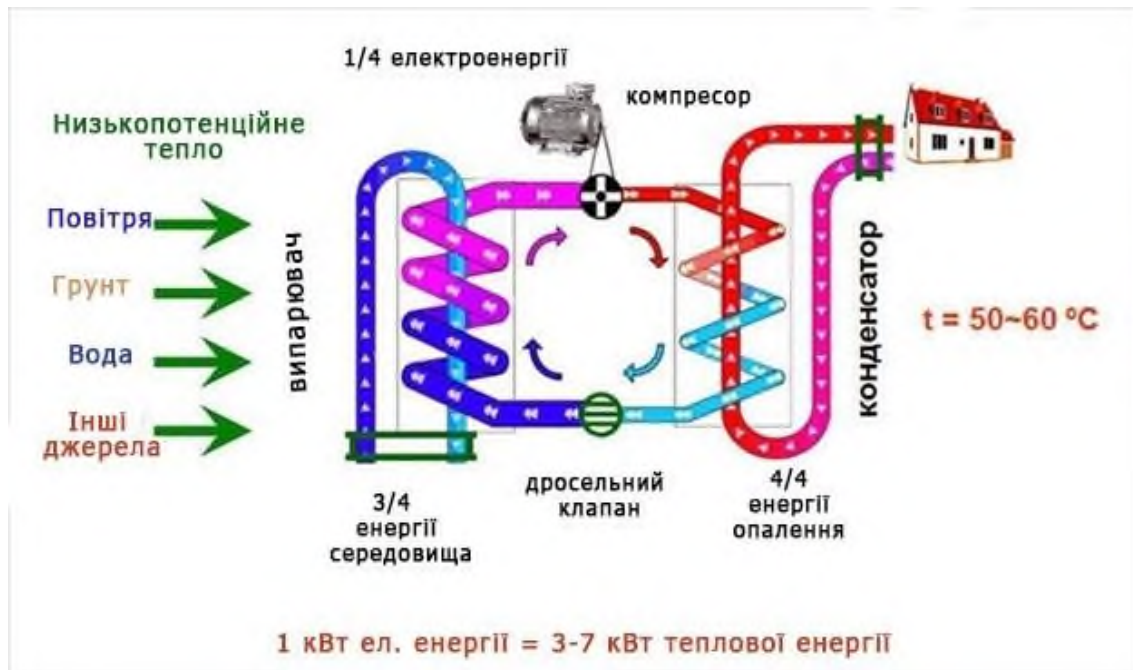


Рисунок 1.2 – Принцип роботи теплового насосу

Нам знайома ця технологія з прикладу звичайного побутового холодильника. Цей пристрій складається з двох теплообмінників (конденсатора та випарника) та компресора. Ці агрегати об'єднані у загальний контур. Контур заповнюється холодоагентом (фреоном), який має дуже низьку температуру кипіння (порядку -20°C). Проходячи через випарник, перетворюється з рідкого стану на газ при низькому тиску і низькій температурі.

Таким чином, тепловий насос є машиною Карно, що працює у зворотному напрямку. Такий холодильник перекачує тепло з об'єму, що охолоджується, в навколишнє повітря. Якщо помістити холодильник на вулиці, то, витягаючи тепло із зовнішнього повітря і передаючи його всередину будинку, можна у такий спосіб обігрівати приміщення.

Процес роботи теплового насоса полягає в наступному:

- проходячи трубопроводом, покладеним, наприклад, у землю, теплоносій нагрівається на кілька градусів. Теплоносій, проходячи через теплообмінник, званий випарником, усередині теплового насоса віддає взятє з довкілля тепло у внутрішній контур теплового насоса;

- Внутрішній контур теплового насоса заповнений холодоагентом.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Холодоагент

перетворюється з рідкого стану на газ;

- Потрапивши з випарника в компресор, холодоагент стискається, і при цьому його температура підвищується;

- після цього нагрітий газ надходить до другого теплообмінника (конденсатора). Там здійснюється теплообмін між гарячим газом та теплоносієм із зворотного трубопроводу системи опалення будинку. Таким чином, холодоагент передає своє тепло в системі опалення, охолоджується і знову повертається в рідкий стан, а нагрітий теплоносій системи опалення надходить до опалювальних приладів;

- пройшовши через редукційний клапан, холодоагент надходить у випарник, при цьому тиск знижується, і цикл повторюється знову.

Теплові насоси є універсальними пристроями. У теплу пору року їх використовують для охолодження повітря в приміщеннях, а в холодну пору року за допомогою приміщення опалюють. Принцип роботи теплового насоса при охолодженні приміщення такий самий, як і при опаленні. Тепло при цьому виходить з повітря, яке знаходиться в приміщенні і віддається водоймищу або землі [3-18].

Залежно від найприйнятнішого джерела низькопотенційного тепла у цій місцевості застосовується кілька типів теплових насосів, рисунки 1.3 – 1.4.

Спільним для них є використання води як джерело низькопотенційного тепла. Якщо на потрібній глибині доступні ґрунтові води, то застосовується тепловий насос типу “вода-вода” або “вода-повітря”.

Оскільки вода має високу теплоємність, то ефективність системи буде досить високою. А постійна температура ґрунтових вод близько $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ гарантує оптимальне джерело низькопотенційного тепла. При цьому ґрунтові води прямують з однієї свердловини в тепловий насос, віддають там теплову енергію, а потім перекачуються в іншу свердловину, яка видалена на деяку відстань.

Також застосовується насос із закритим циклом і водорозміщеним

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплообмінником - спеціальна рідина (теплоносії) прокачується колекторами (трубками), що знаходяться у водоймі, і віддає або забирає тепло у води. Будинок має сенс опалювати тепловою енергією відкритого водоймища в тому випадку, якщо будівля знаходиться від водоймища ближче 100 метрів, і глибина водоймища, а також берегова лінія відповідають умовам, необхідним для прокладання колектора. Таким чином, для встановлення теплового насоса продуктивністю 10 кВт необхідно укласти в озеро контур довжиною 300 метрів. Перевагою такого способу є його відносна дешевизна.

Системи для ґрунту поділяються на вертикальні та горизонтальні, рисунок 1.5 – 1.6.

Горизонтальні земляні теплообмінники використовують сонячну енергію, що накопичується у верхніх шарах ґрунту. Температура ґрунту залишається на досить високому рівні навіть у холодну пору року. Трубами колектора, зануреного на певну глибину, тече незамерзаюча рідина, яка переносить отримане тепло до випарника теплового насоса.

Існують різні способи використання енергії ґрунту:

- горизонтальний колектор знаходиться на глибині близько 1,2-1,3м. Горизонтальний колектор застосовується, якщо достатньо площі для його укладання;

- набагато менше місця вимагають вертикальні геотермальні теплообмінники, що складаються з трубок, якими прокачується теплоносії. Вони розміщуються вертикально землі і йдуть у глибину до 200 метрів (найчастіше 50 - 100 метрів). Такі зонди запроваджуються буровим інструментом. Геотермальні зонди складаються із замкнутих труб, які відбирають тепло так само, як ґрунтовий колектор. Кількість тепла, яке відбирає зонд, становить від 30 до 100 Вт на метр зонда, що значною мірою залежить від особливостей будови ґрунту;

- для застосування траншейного колектора необхідно трохи менше простору. Потрібно приблизно в 1-1,5 рази більше території, ніж опалювальний простір;

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Даний метод має найвищу ефективність роботи теплонасоса, мала витрата електроенергії та відносно дешеве тепло - на 1 кВт електроенергії отримують до 5 кВт теплової енергії, але потребує великих початкових капіталовкладень.

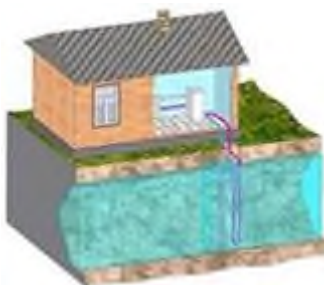


Рисунок 1.3 – Насоси “Вода-вода” та “Повітря-вода”



Рисунок 1.4 – Насос із закритим циклом та водорозміщеним теплообмінником



Рисунок 1.5 – Системи для ґрунту горизонтальні



Рисунок 1.6 – Системи для ґрунту вертикальні

Також застосовують на практиці теплонасоси, в яких джерелом низькопотенційної енергії використовується повітря зовні приміщення. Саме з нього відбирається тепло для опалення. Такі системи ще називають "повітряними теплонасосами". Вони розроблені та успішно використовуються у тепліших, ніж Україна, країнах, де не буває значних морозів – південних штатах США, Греції, Японії тощо. Такі насоси не вимагають ґрунтових та бурильних робіт. Але їх не рекомендується використовувати в Україні, тому що повітря як джерело тепла має недолік: за низьких температур від -10°C продуктивність та коефіцієнт трансформації теплового насоса значно падає.

У країнах Європейського Союзу, Китаю та Японії заохочують застосування теплових насосів. У Швеції, Іспанії, Великій Британії та Китаї ефективно працює програма отримання субсидій за встановлення цього обладнання. У Франції населення має можливість оформити податковий кредит за енергозбереження та використання відновлюваних джерел енергії. Національні норми споживання енергії Німеччини висувають суворі вимоги до енергоефективності будівель, і це фактично мотивує використання низькотемпературних систем опалення. Європейський Союз також запровадив Директиву з Енергетичних Показників Будинків для покращення показників енергоефективності будівель та, як результат, теплові насоси становлять близько чверті всього Європейського ринку всіх пристроїв, призначених для обігріву приміщень.

1.5 Енергія вітру

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

1.5.1 Вітер як джерело енергії

Вітер як джерело енергії дуже привабливий, тому що він завжди присутній в атмосфері внаслідок дії сонячної радіації. Використання вітрової енергії унеможливорює теплові викиди в атмосферу, як це має місце при використанні викопних палив та ядерної енергії. На відміну від гідроенергії та енергії проток, також обумовлених сонячною радіацією, енергія вітру є всюди, що дозволяє уникнути складних пристроїв для її передачі. І, крім того, енергія вітру не забруднює довкілля. Недоліки цієї системи очевидні: непостійний, мінливий характер вітрів, нерівномірність розподілу у часі та просторі. Для підвищення ефективності вітрових установок необхідно накопичувати вироблену ними енергію, а потім витрачати її більш-менш безперервно. Тому часто вітроустановки комбінують з іншими ВІЕ.

Понад тисячу вітротурбін було поставлено в PalmSprings (Каліфорнія) на початку вісімдесятих. Данія в даний час має приблизно 2000 мегават вітряної енергії і близько 6000 діючих вітряних турбін. 80% цих турбін належать приватним особам чи місцевим кооперативам. Найбільша у світі вітряна ферма знаходиться в Данії, місто Middelgrunden. Вона складається із 20 турбін Bonus 2 МВт, загальна потужність яких становить 40 МВт [22].

1.5.2 Залежність швидкості вітру від характеру поверхні

Кількість енергії, що міститься у вітрі, пропорційно площі перерізу повітряного потоку і швидкості вітру в третьому ступені. Іншими словами, якщо швидкість вітру зростає у 2 рази, то кількість енергії, яку можна буде отримати, зросте у 8 разів. Існування такої залежності змушує дуже ретельно вибирати місце розташування вітрового двигуна. Якщо можна знайти ділянку, де швидкість вітру хоча б на 3,5 км/год більше, ніж на решті території, це гарантує вироблення величезної кількості енергії за дуже короткий час.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Як показують дослід, великі переваги для встановлення вітряних двигунів мають гладкі пагорби, якщо вони оточені вільним простором у радіусі 5-6 км. При установці двигуна на схилі пагорба важливо, щоб ухил був такий, при якому вітровий потік не розбивається зі збільшенням швидкості. Поділ повітряного потоку призводить до виникнення турбуленції, яку слід уникати. Окремі пагорби краще, ніж гряди пагорбів. Зростання швидкості повітряного потоку може відбуватися вздовж будь-якої сторони пагорба у той час, як у пасма пагорбів це явище спостерігається лише вздовж одного певного напрямку. Навколишній простір має бути, по можливості, вільно від дерев, великих каменів та інших предметів, які можуть створити турбулентні потоки.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки з першого розділу

У першому розділі ми розглянули альтернативні джерела енергії, які можна використовувати у сучасному будівництві.

У житловому будинку можна використовувати такі відновлювані джерела енергії:

- низькопотенційна теплова енергія (геотермальна енергія): водоймища, ґрунту та ґрунту;
- енергія сонця;
- енергія вітру.

Низькопотенційна теплова енергія є виробленням енергії з навколишнього середовища. Тепловий насос використовує геотермальну енергію, тобто. енергію землі. Тепловий насос має можливість використовувати поновлювану низькотемпературну енергію навколишнього середовища на потреби опалення та нагрівання води.

Енергія сонця. Сонце є основним джерелом енергії Землі. За відсутності хмар земна атмосфера розсіює близько 20% усієї сонячної радіації. Загалом у ясний сонячний день близько 80% енергії сонячного випромінювання досягає земної поверхні. За допомогою сонячної енергії можна забезпечувати будинок теплом, гарячим водопостачанням та електрикою. Тепло та ГВП забезпечують сонячні колектори, електрикою сонячні батареї.

Устаткування сонячних колекторів та батарей для вироблення енергії використовують інфрачервоне випромінювання, яке становить 54% із усього спектру сонячного випромінювання біля поверхні землі.

Енергія вітру. Про енергію вітру можна сказати, що вітер дме скрізь, і тих районах, де середньорічна швидкість вітру дорівнює 4-5 м/с, можна розглядати проекти вітроелектростанцій. Енергією вітру виробляють електрику за допомогою вітрогенераторів.

Кількість енергії, що міститься у вітрі, пропорційно площі перерізу повітряного потоку і швидкості вітру в третьому ступені. Іншими словами,

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

якщо швидкість вітру зростає у 2 рази, то кількість енергії, яку можна буде отримати, зростає у 8 разів.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ЕКОЛОГІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛОВ ЕНЕРГІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ОБ'ЄКТІВ ЖИТЛОВО-ЦИВІЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ (НА ПРИКЛАДІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ)

2.1 Архітектурно-конструктивна частина

На рисунку 2.1 показано план об'єкта, що досліджується.

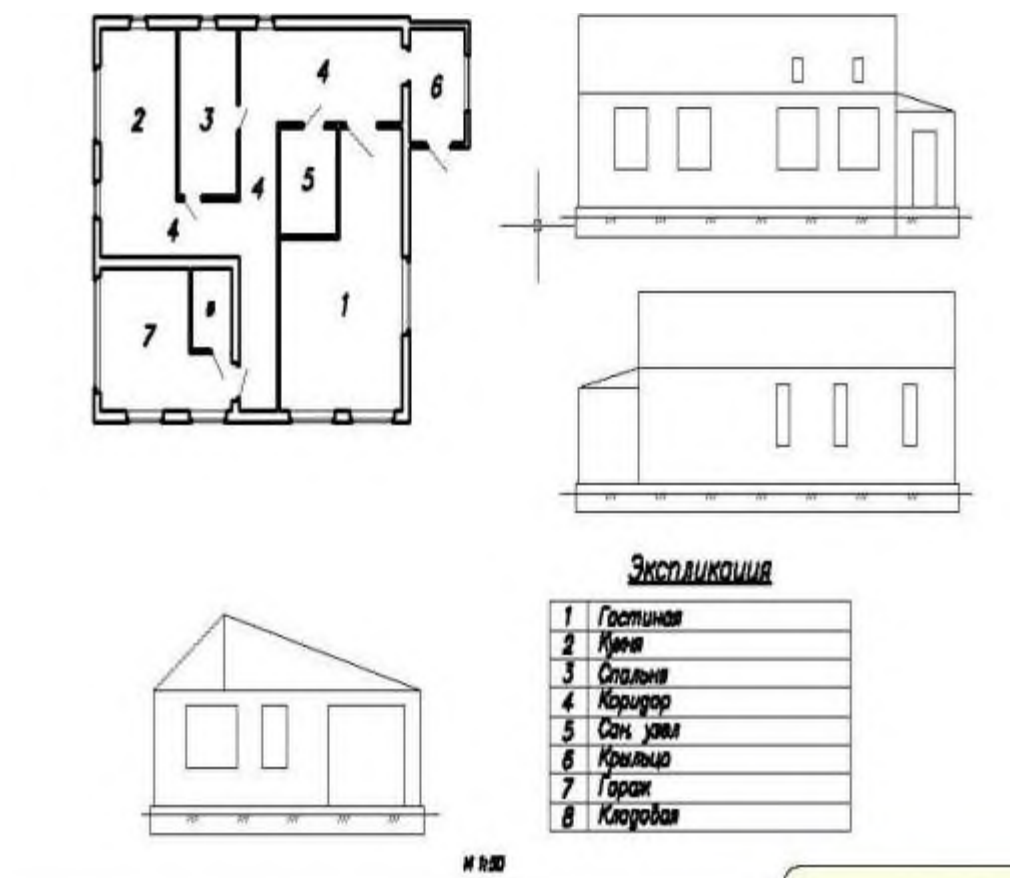


Рисунок 2.1 – Планування будинку

Будинок мають надземну частину – ту, що височить над рівнем землі, та підземну, яка розташована нижче тротуару або вимощення. Частина будівлі за висотою, обмежена підлогою та перекриттям або підлогою та покриттям, становить поверх. Поверхи надземної частини будівель, у яких підлога знаходиться не нижче планувальної позначки землі (тротуару, вимощення),

називаються надземними. Поверхи підземної частини, підлоги яких знаходяться нижче рівня вимощення, але не більше ніж на половину висоти розташованих у ньому приміщень - цокольні, а з відміткою підлоги нижче вимощення більш ніж на половину висоти приміщень, що розташовані в ньому, - підвальні. Поверх, в якому розміщують інженерне обладнання та комунікації, називається технічним. Технічний поверх розміщують у цокольній частині будівлі над верхнім поверхом або в середині будівлі.

У цьому випадку поверхи знаходяться на позначці $\pm 0,000$ та $+3,300$. На першому рівні величезний простір чітко розділений на зони залежно від функціональності:

- зона відпочинку (дана зона включає приміщення вітальні);
- зона прийому гостей (їдальня, кухня);
- другорядні приміщення (гостяний санвузол).

У об'єкті, що досліджується, застосована каркасна технологія. При цьому конструкція каркаса розроблена таким чином, щоб забезпечити максимально можливий коефіцієнт однорідності всіх поверхонь, що огорожують. Для елементів несучих конструкцій було застосовано кілька виконань струганих пиломатеріалів нормованої вологості – суцільних та клеєних. Найбільший переріз пиломатеріалу для каркасної стінової конструкції – клеєний стовп 200×300 мм, найменший – струганий брус 46×46 мм. Балки перекриттів та крокв виконані з клеєних елементів перетином 66×300 , а головні прогони – з клеєних елементів ЛВЛ перетином 75×400 . Вся конструкція, що несе, утворена просторовими ґратами складної форми, що забезпечує міцність і жорсткість всієї конструкції.

Висота поверху складає 3 метри, висота даху 2 метри, загальна висота фундаменту 0,75 метра. Площа будинку $S = 122 \text{ м}^2$.

Приміщення будинку, як видно з рисунка 2.1, були розплановані таким чином:

- Вітальня $S = 29,35 \text{ м}^2$;
- кухня $S = 14,5 \text{ м}^2$;

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- спальня $S=10,4 \text{ м}^2$;
- коридор $S = 35,8 \text{ м}^2$;
- сан. вузол $S = 6,44 \text{ м}^2$;
- ганок $S = 6,6 \text{ м}^2$;
- гараж $S = 15,5 \text{ м}^2$;
- Комора $S = 3,255 \text{ м}^2$.

Будівля забезпечена природною вентиляцією, а також вентиляційними каналами та спліт-системою. Переваги такого типу будівництва:

- скорочення термінів будівництва та вартості;
- екологія;
- високий опір, зокрема землетрусів (сейсмічність будівлі становить 7 градусів);
- хороша термо- та теплоізоляція.

Тепловтрати в будинку значно знижені за рахунок якісної та максимально ефективної теплоізоляції. У проекті використовується теплоізоляція в плитах ISOVER Каркас-П32, яку запозичили з проекту «Активний дім», що має максимально низький коефіцієнт теплопровідності та спеціально розроблений для каркасних будинків. Внутрішня сторона стін обшита гіпсокартоном високої густини, що надає легкій дерев'яній каркасній конструкції додаткову теплоємність.

Будинок використовує різні джерела енергії, які інтегровані у єдину систему. Будинок включає такі системи джерел енергії:

- сонячні батареї;
- сонячні колектори;
- вітряні генератори;
- теплонасоси.

Одним із основних джерел життєзабезпечення будинку є енергія сонця, як найбільш доступна на сьогоднішній день. Сонячні колектори встановлені в комбінаціях з мансардними вікнами, візуально привабливим і простим в експлуатації. Також серед інженерних систем, що позитивно впливають на

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

енергобаланс будівлі, потрібно виділити високоефективний тепловий насос і систему теплової підлоги, систему вентиляції, сонячні батареї та вітряні генератори для виробництва електрики.

2.2 Фундамент – основа будинку

Фундамент будівлі є його нижню або підземну частину, призначену для передачі навантаження від ваги будівлі на основу. Вибір фундаменту визначається інженерно-геологічними характеристиками будівельного майданчика, а також технологічною та економічною доцільністю. У нашому випадку він повинен відповідати наступним критеріям:

- довговічність понад 100 років;
- застосовність для будь-яких ґрунтів;
- простота виготовлення;
- екологічність;
- економічність;
- опір теплопередачі R не менше 5. (Міра теплоопору теплоізоляційного матеріалу, чим більше значення R , тим більша теплозахисна властивість)

Цим критеріям задовольняє фундамент у вигляді плити спеціальної конструкції, представленої на малюнку 2.2.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

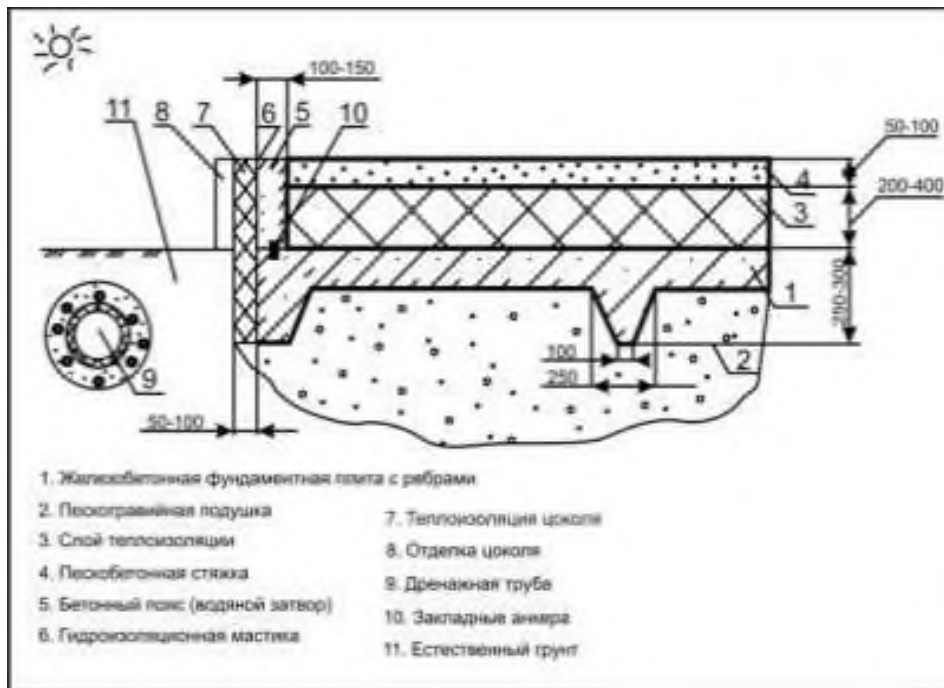


Рисунок 2.2 – Залізобетонний фундамент у вигляді плити

2.3 Огороджувальні конструкції та внутрішні стіни

Висока швидкість будівництва порівняно недорогих каркасних будинків робить їх надзвичайно вигідними для найширших верств населення. Крім того, варто врахувати, що побудований за такою технологією котедж буде довговічним та екологічним.

Однією з основних переваг технології є відсутність усадки, що дозволяє проводити внутрішнє оздоблення відразу після будівництва. Вибір товщини та теплотехнічних характеристик стінових матеріалів дає можливість спроектувати огорожувальні конструкції з мінімальними втратами тепла і, отже, значно знизити витрати на обігрів приміщень. Легкість конструкції дозволяє використовувати відносно дешеві стовпчасті фундаменти. Розміри основних елементів каркасно-панельних будинків уніфіковані, що дозволяє вибрати будь-який вид оздоблення як зовні, так і всередині. Внаслідок цього фасад будь-якого каркасного будинку може імітувати дерево чи цеглу – залежно від бажання клієнта.

Каркасні будинки на сьогоднішній день є чудовою нагодою для

швидкого та економічного будівництва малоповерхових будівель. Каркасний будинок є готовим комплектом, що складається з будівельних елементів будинку:

- несучий каркас: опорні балки та балки перекриттів;
- каркасні перегородки;
- віконні та дверні блоки;
- перекриття;
- покрівля;
- зовнішня та внутрішня обшивки.

Для будівництва екодома можна застосовувати будь-які матеріали та конструкції, які задовольняють наступним критеріям:

- довговічність понад 70 років;
- опір теплопередачі R не менше 6;
- екологічність;
- широке застосування місцевих матеріалів;
- економічність.

Одним з найбільш ефективних та технологічних є каркасний будинок.

Каркас технологічний чи конструкційний – основа будівництва екодома. Каркасна технологія забезпечує максимальне енергозбереження за рахунок наявності декількох шарів конструкції стін та ефективного утеплення [12].

Стіна проєктована не суцільною, а ґратчастою. Товщина каркасу стін 550 мм без урахування шарів внутрішньої та зовнішньої обробки. Дерев'яний каркас виконаний так, щоб мінімізувати втрати тепла, забезпечить герметичність високого ступеня, жорсткість конструкції, зручність та простоту монтажу. Конструкція стіни універсальна: може бути зменшена за товщиною або збільшена згідно з вимогами щодо рівня енергозбереження.

Наш об'єкт загалом представлятиме сучасний каркасний дерев'яний будинок із відмінними технічними характеристиками, результат творчої плідної роботи фахівців кількох європейських країн. Якщо 1 м² каркасного будинку коштуватиме нам 10-12 тисяч грн, то за всю дерев'яну каркасну

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

конструкцію витрати становитимуть 1 220 000-1 464 000 грн.

2.4 Характеристика та розрахунки сонячних батарей

Найважливішим питанням є вибір кута нахилу панелі. Маючи на увазі можливість цілорічного використання, слід віддати перевагу куту на 15° більше географічної широти (до того ж, чим більше нахил, тим менше на панелі затримуватиметься пил і сніг). Це приблизно 65-67 °, благо можливість встановити панель з орієнтацією на південь під таким нахилом у нас є. До речі, якщо не передбачається зимове використання сонячних батарей, вони можуть бути розміщені на стіні або схилі даху, орієнтованому не на південь, а на захід або на схід, причому в цьому випадку краще збільшити нахил панелей в порівнянні з оптимальним для літа або взагалі встановити панелі вертикально, тому що в ранкові та вечірні сонце стоїть близько до горизонту.

Нахил вибрано. Тепер можна приступати до оцінки потенційної продуктивності сонячних батарей, або, що те саме, оцінки кількості сонячних модулів, необхідних для роботи системи в бажаному режимі. Оцінку слід провести як мінімум для гіршого місяця (для Оренбурзької області це грудень), для більшої частини року (лютий – листопад) та для літнього максимуму (липень).

Стандартна інсоляція розраховується для площі один квадратний метр. Однак точна площа елементів сонячної панелі нам не відома. Зате відома її номінальна потужність, яка визначається стандартного потоку світла в 1 кВт/м² при 25°C. Цього цілком достатньо. Таким чином, вироблення фотоелектричної панелі розраховується за такою формулою:

$$E_{\text{сб}} = E_{\text{инс}} \cdot P_{\text{сб}} \cdot \eta / P_{\text{инс}} \quad (1)$$

де $E_{\text{сб}}$ - вироблення енергії сонячною батареєю;

$E_{\text{инс}}$ - місячна інсоляція квадратного метра (з таблиці інсоляції);

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$P_{сб}$ - номінальна потужність сонячної батареї;

η - загальний ККД передачі електричного струму по проводах, контролера сонячної батареї та інвертора при перетворенні низьковольтної постійної напруги в стандартну (якщо передбачається використовувати низьковольтну напругу безпосередньо, то при досить товстих проводах η можна прирівняти до 1, тобто не враховувати);

$P_{инс}$ - максимальна потужність інсоляції квадратного метра земної поверхні. Інсоляція і бажана вироблення повинні бути в тих самих одиницях (або кіловат-годинах, або джоулях).

Відповідно, знаючи місячну інсоляцію, можна знайти номінальну потужність сонячної батареї, потрібну для забезпечення необхідного місячного вироблення.

$$P_{сб} = P_{инс} \cdot E_{сб} / (E_{инс} \cdot \eta) \quad (2)$$

Як правило, максимальна потужність сонячної батареї, заявлена виробником, досягається при напрузі на її виході, що перевищує напругу акумуляторних батарей на 15-40%. Більшість недорогих контролерів заряду можуть або підключати навантаження безпосередньо, «просаджуючи» вихідну напругу батарей набагато нижче за оптимальну, або просто відсікати цей «надлишок». Тому ці втрати також можна закласти в ККД, зменшивши його на 10-25% (втрати потужності менше втрат напруги, оскільки при підвищеному навантаженні «просідання» напруги компенсується деяким збільшенням струму, хоч і не повністю; точніше значення можна визначити, лише знаючи залежність напруги від струму навантаження для конкретної батареї). Однак є моделі контролерів, які утримують ці втрати в межах 2-5%.

Потужність сонячного випромінювання змінюється від місяця до місяця, а номінальна потужність сонячної батареї незмінна і саме на неї слід орієнтуватися при виборі місця для встановлення та визначення витрат. Формула (2) зручна, щоб оцінити номінальну потужність батареї для

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конкретних умов інсоляції, але мало підходить для оцінки її можливостей протягом року [21].

Для початку розглянемо схему електричного живлення від сонячних батарей і розберемося в структурі і яким чином працює вся система. На малюнку 2.4 показано схему електричного живлення сонячних батарей.



Рисунок 2.4 – Схема електричного живлення від сонячних батарей

Вся установка складається з сонячних батарей, контролера, що забезпечує зарядку акумуляторних батарей, та інвертора, що перетворює постійний струм на змінний. Уся система працює в автоматичному режимі.

Розглянемо по чергову структурні одиниці, які входять у систему.

Регулятор заряджання – розрядження (контролер заряду) – пристрій захисту батареї акумулятора від надмірної розрядки та розрядки. У першому випадку пристрій вимикає навантаження у разі зниження напруги акумуляторної батареї нижче напруги відключення. У другому - обмежує зарядний струм при досягненні напруги завершення заряджання.

Акумулятор – накопичувач виробленої електроенергії, що дозволяє функціонувати пристроям – споживачам навіть за нульового рівня опромінення сонячної батареї. Варто зазначити, що для гарантованого безперебійного електропостачання бажаним є введення в систему

альтернативного джерела живлення (наприклад, дизельного стандартного генератора).

Інвертор – пристрій-перетворювач постійного електричного струму змінний струм. Якщо сонячна батарея встановлюється тільки для подачі електрики тільки на пристрої-споживачі постійного струму (радіоапаратура, освітлення), інвертор може бути виведений із сонячної системи електропостачання. На малюнку 2.5 показано систему роботи сонячних батарей.

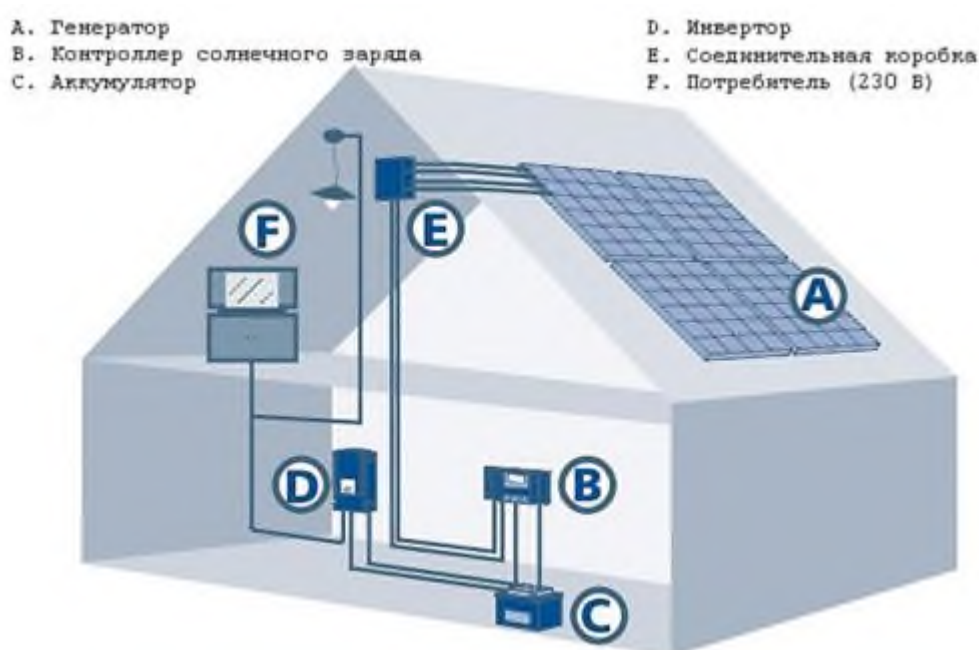


Рисунок 2.5 - Система роботи сонячних батарей

Сонячні батареї повинні виробляти щодня середню, щодобово споживається кількість електроенергії, плюс 20-30% втрати енергії при заряді/розряді акумуляторної системи.

Для розрахунку сонячних систем електропостачання одноповерхового будинку площею 122 м² потрібно визначити необхідну потужність і кількість фотоелементів сонячної батареї, ємність акумуляторних батарей, і потужності контролера зарядки-розрядки та інвертора.

Для нашого будинку використовуватиметься сонячна панель марки

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Exmork 230Вт 24В Mono. Характеристика сонячної панелі:

- має номінальну потужність 230 ват, номінальну напругу 24 вольт;
- складається з монокристалічних кремнієвих модулів;
- матеріал рамки – анодований алюміній;
- світлопроникність загартованого скла – 97%;
- ефективність фотоелектричного перетворення – 17,8%;
- вага – 19,0 кг;
- розмір однієї панелі – 1482×992×45 мм (1,5м²);
- термін служби: щонайменше 30 років;
- Вартість однієї панелі – 13200 грн.

Для всієї системи також підібрано: контролер заряду, інвертор, акумулятор.

Контролер заряду для сонячних батарей CQ2450. Характеристика контролера:

- номінальна напруга - 24 В;
- максимальний струм на вході – 50 А;
- потужність сонячних батарей, що підключаються, - до 1200 ватів;
- номінальна потужність – 1200 Вт;
- ККД – 95%;
- робоча температура -25 °С +55 °С;
- Вартість контролера – 6400 грн.

Інвертор спеціально призначений для автономних систем марки Hefei 1 кВт 24В. Передбачено роботу з вітрогенераторами, сонячними батареями, гібридними автономними системами (ДГУ, бензогенератори, вітрові установки, сонячні модулі тощо). Характеристика інвертора:

- виробник – Hefei WinPower (Китай);
- постійна потужність навантаження – 1 кВт;
- ККД: не менше 90%;
- робочий діапазон: від -20+500С;

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

- температура зберігання (або нетривалої експлуатації): -30 ° С до +70 ° С;
- вага: 25,8 кг;
- розміри: 500х250х250 мм;
- напруга на виході: 220В;
- шумність: ≤40дБ;
- Вартість інвертора – 15000 грн.

Акумуляторна батарея герметизована марки HZY24-200 виробництва HAZE (Англія – КНР) виготовлена за технологією GEL. Характеристика акумулятора

- напруга акумулятора – 24 В;
- ємність акумулятора – 200 Ач;
- вага акумулятора 66,0 кг;
- Вартість акумулятора – 19200 грн.

Розрахунок фотоелектричної системи складається з 4-х основних етапів:

- визначення навантаження та споживаної енергії;
- визначення значень необхідної потужності інвертора та ємності акумуляторної батареї;
- визначення необхідної кількості фотоелектричних модулів виходячи з даних приходу сонячної радіації в місці установки системи;
- розрахунок вартості системи.

Для початку визначимо перелік електроспоживачів будинку з урахуванням кількості кімнат, їх призначення, розташування електроспоживачів, здійснимо розрахунок освітлення з урахуванням мінімальної освітленості приміщень. У таблиці 2.2 показано список електроспоживачів. У таблиці 2.3 показано витрати електроенергії обладнанням.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 - Перелік електроспоживачів із зазначенням середньої потужності

Найменування приладу	Кількість	Потужність, кВт)	ΣР (кВт) W ном.
Електроплита	1	1,8	1,8
Посудомийна машина	1	1,2	1,2
Кондиціонер	1	1-2	2-4
Витяжка	1	1,2-2,5	2,4-5
Бойлер	1	1,8	1,8
Мікрохвильова піч	1	1,2	1,2
Кухонний комбайн, електром'ясорубка	1	0,3	0,3
Електрочайник	1	2	2
Холодильник	1	0,7	0,7
Тепла підлога	2	0,2-0,7	0,4-1,4
Комп'ютер	1	0,4	0,4
Домашній кінотеатр	1	0,6	0,6
ТБ	3	0,4	4,8
Пральна машина	1	1,5	1,5
Насосне обладнання	1	0,3	0,3
Порохотяг	1	1,2	1,2
Праска	1	2,4	2,4
Фен для волосся	1	1,2	1,2

Таблиця 2.3 - Витрата електроенергії обладнанням

Електрооборудування	Споживає- мість Wном, кВт	Коефіцієнт використання Кісп.ен.	Фактичне споживання ел. в годину Wфакт/год, кВт	Фактичне споживання ел. ен. рік Wфакт/рік, кВт
1	2	3	4	5
Електроплита	8	0,16	1,3	11680
Посудомийна машина	1,2	0,04	0,05	438
Кондиціонер	4	0,15	0,6	5256
Витяжка	5	0,15	0,75	6570
Бойлер	1,8	0,5	0,9	7884
Мікрохвильова піч	1,5	0,05	0,225	1971
Кухонний комбайн, електром'ясорубка, ін.				

	0,3	0,05	0,015	131,4
Електрочайник	2	0,02	0,04	350,4
Холодильник	0,7	1	0,7	6132
Тепла підлога	1	0,5	0,5	4380
Комп'ютер	0,4	0,25	0,1	876
Домашній кінотеатр	0,6	0,25	0,15	1314
ТБ	0,4	0,15	0,06	525,6
Пральна машина	1,5	0,06	0,09	788,4
Насосне обладнання	0,3	0,6	0,18	1576,8
Порохотяг	1,2	0,02	0,024	210
Праска	2,4	0,01	0,024	210
Фен для волосся	1,2	0,02	0,024	210
Разом	33,5	-	5,732	50503,6

Фактичне споживання електроенергії за годину розраховується за формулою:

$$W_{\text{факт/час}} = W_{\text{ном}} \cdot K_{\text{исп.эн.}}, \text{ кВт (3)}$$

Фактичне споживання електроенергії протягом року визначається за такою формулою:

$$W_{\text{факт/год}} = W_{\text{факт/час}} \cdot 24 \cdot 365, \text{ кВт (4)}$$

Коефіцієнт використання можна розрахувати, наприклад так: для кондиціонера – приблизний час роботи 55 днів, отже, $K_{\text{исп.}} = 55 \div 365 = 0,15$.

В результаті фактичне споживання електроенергії за рік дорівнює:

$$W_{\text{факт/год}} = 50503,6 \text{ кВт або } 5,765 \text{ кВт/год для електроустаткування.}$$

У таблиці 2.4 показано витрати енергії на освітлення кімнат.

Таблиця 2.4 - Визначення витрати енергії на освітлення кімнат

Назва кімнати		Площа кімнати, S, м ²	Мінімальна освітленість,	Номинальна потужність	Кількість енергозберігаючих
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

		E_{min} , лк	лампи, Рл, Вт	ламп, п
Вітальня	29,35	150	25	4
Гараж	15,5	50	15	3
Комора	3,255	50	15	1
Коридор (вся площа)	35,8	100	20	5
Кухня	14,5	150	25	3
Спальня	10,4	150	25	1
Сан вузол	6,44	50	15	2
Ганок	6,6	50	20	1

Знайдемо загальну кількість ламп та визначимо сумарну потужність освітлення.

Кількість енергозберігаючих ламп, номінальною потужністю 25 Вт, 20 Вт, 15 Вт становить – 20 штук.

Через війну розрахунків вийшла сумарна номінальна потужність всіх ламп, таблиця 2.5. У таблиці 2.6 показано витрату електроенергії при освітленні.

Таблиця 2.5 - Сумарна номінальна потужність всіх ламп.

Кількість та тип ламп.	Сумарна потужність
8 ламп по 25 Вт	200 Вт
6 по 20Вт	120 Вт
6 по 15Вт	90 Вт
Разом:	410 Вт = 0,41 кВт

Таблиця 2.6 – Витрата електроенергії при освітленні

Потребл. потужний. $W_{ном}$, кВт	Коефіцієнт використання $K_{сп. ен.} \approx 5$ год на добу	Фактичне споживання. енергії на годину $W_{факт/год}$, кВт/год	Фактичне споживання. енергії на рік $W_{факт/рік}$, кВт/рік
0,41	0,2	0,082	718,32

Сумарне споживання енергії на електрообладнання та освітлення складає: $5,765 + 0,082 = 5,847$ кВт/год або $50503,6 + 718,32 = 51221,92$ кВт/год, якщо округлити значення, то дані будуть наступними: 5.85 кВт/год та 51222

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кВт/рік.

Для розрахунку сонячних систем електропостачання потрібно визначити необхідну потужність та кількість фотоелементів сонячної батареї, ємність акумуляторних батарей та потужності контролера зарядки-розрядки та інвертора.

Сумарна потужність всіх пристроїв, що підключаються, з урахуванням коефіцієнта використання:

$$P_{\text{сум}} = W_{\text{факт}}/\text{год.} \cdot (5)$$

$$P_{\text{сум}} = 5,85 \text{ кВт}$$

Потужність інвертора:

$$P_{\text{инв}} = 1,25 \cdot P_{\text{сум}} = 7,31 \text{ кВт} \quad (6)$$

Необхідне значення зарядної ємності акумуляторних батарей:

$$I = \frac{P_{\text{сум}}}{U_{\text{акк}} \cdot N_{\text{акк}}}, \text{ Ач} \quad (7)$$

де $U_{\text{акк}}$ - напруга акумуляторних батарей, В;

$N_{\text{акк}}$ – глибина розрядження акумуляторної батареї, %.

$$I = \frac{P_{\text{сум}}}{U_{\text{акк}} \cdot N_{\text{акк}}} = \frac{5,85 \text{ кВт}}{24 \text{ В} \cdot 0,5} = 0,4875 \text{ кАч} \approx 0,5 \text{ кАч}$$

Необхідна потужність та кількість фотоелементів.

Для цього треба знати значення сонячної радіації в період роботи системи електропостачання, щоб обчислити кількість пікових годинників даної місцевості.

Середньомісячні значення цього показника наведено у таблиці 2.7

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нижче. Взявши з таблиці значення, необхідно помножити його на кількість днів у цьому місяці, а потім розділити на 1000. Таким чином, ми отримаємо деяку умовну величину визначальну кількість пікового годинника – час, протягом якого електромагнітне випромінювання сонця має інтенсивність 1000 Вт/м².

Кількість пікових годинників знаходиться за такою формулою:

$$N = \frac{E_{\text{инс}} \cdot 10^3 \cdot n_{\text{дн}}}{1000}, \quad (8)$$

де N – кількість пікового годинника; пдн-кількість днів на місяць.

Таблиця 2.7- Середньомісячна інсоляція на горизонтальній поверхні (кВт/м²)

Назва місяця	січень	лютий	Березень	квітень	травень	червень	липень	Серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень	Середнє за рік
Середнє значення сонячної радіації, кВт·год/м2	0,9732	1,8506	3,4222	4,6620	5,8509	6,4819	6,0543	5,1706	3,7743	2,2016	1,2023	0,8029	3,5415

З таблиці 2.7 видно, що середнє значення сонячної радіації дорівнює 3,54 кВт/м².

Середня кількість пікового годинника з річним значенням сонячної радіації:

$$N = \frac{3,54 \cdot 10^3 \cdot 30}{1000} = 106 \text{ часів.}$$

Для мінімального значення радіації у грудні:

$$N = \frac{0,8 \cdot 10^3 \cdot 31}{1000} = 24,8 \text{ часов.}$$

Розрахуємо кількість енергії за контрольний період (грудень), що

виробляється фотоелементом, тому що в грудні мінімальне значення сонячної радіації:

$$E_{\text{фэ}} = K \cdot P_{\text{э}} \cdot N, \quad (9)$$

де K - поправочний коефіцієнт, що враховує зниження рівня опромінення сонячної батареї та падіння потужності фотоелементів в результаті нагрівання (влітку -0,5, взимку -0,7);

$P_{\text{э}}$ – потужність фотоелемента.

$$E_{\text{фэ}} = 0,7 \cdot 230 \cdot 24,8 = 3992,8 \text{ Вт/ч} = 3,9928 \text{ кВт/ч}$$

Сумарна енергія фотоелементів повинна бути не меншою від сумарного споживання енергії пристроями споживачами.

$$E_{\text{сум}} = K \cdot P_{\text{сум}} \cdot N \quad (10)$$

$$E_{\text{сум}} = 5,85 \text{ кВт} \cdot 0,7 \cdot 24,8 = 101,556 \text{ кВт/ч}$$

З отриманих даних кількість сонячних батарей дорівнює:

$$n = \frac{E_{\text{сум}}}{E_{\text{фэ}}} = \frac{101,556}{3,9928} = 25 \text{ шт или } 37,5 \text{ м}^2$$

В результаті розрахунку вийшло занадто велике споживання енергії, тому зробимо розрахунок при зменшеному коефіцієнті використання електроприладів, а для освітлення використовуватимемо світлодіодні лампи.

У таблиці 2.8 показано витрати електроенергії на устаткування.

Таблиця 2.8 - Витрата електроенергії обладнанням

Електрооборудування	Споживає-мість $W_{\text{ном}}$, кВт	Коефіцієнт використання $K_{\text{ісп.ен.}}$	Фактичне споживання ел. ен. в годину	Фактичне споживання ел. ен. рік
---------------------	--	---	--------------------------------------	---------------------------------

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

			Wфакт/год, кВт	Wфакт/рік, кВт
1	2	3	4	5
Електроплита	1,8	0,13	0,23	2050
Посудомийна машина	1,2	0,02	0,024	210
Кондиціонер	4	0,15	0,6	5256
Витяжка	5	0,13	0,65	5694
Бойлер	1,8	0,15	0,27	2365
Мікрохвильова піч	1,2	0,005	0,006	52,6
Кухонний комбайн, електром'ясорубка, ін.	0,3	0,005	0,0015	13,1
Електрочайник	2	0,005	0,01	87,6
Холодильник	0,7	0,07	0,049	429,24
Тепла підлога	1	0,15	0,15	1314
Комп'ютер	0,4	0,15	0,06	525,6
Домашній кінотеатр	0,6	0,005	0,003	26,3
ТБ	0,4	0,07	0,028	245,3
Пральна машина	1,15	0,02	0,03	263
Насосне обладнання	0,3	0,07	0,021	184
Порохотяг	1,2	0,01	0,012	105
Праска	2,4	0,005	0,012	105
Фен для волосся	1,2	0,01	0,012	105
Разом	31,4		2,48	21763,44

Через війну фактичне споживання електроенергії протягом року має значення 21763,44 кВт чи 2,52 кВт/год для електроустаткування.

У таблиці 2.9 показано витрати енергії на освітлення.

Таблиця 2.9 – Витрата енергії на освітлення кімнат (освітлення робочих поверхонь та приміщень для різних сфер діяльності відповідає державним нормативам, зазначеним у СНіП 23.05.2010)

Назва кімнати		Площа кімнати,	Мінімальна освітленість, Emin,	Номинальна потужність лампи,	Кількість енергозберігаючих	КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
							54

	S, м2	лк	Рл, Вт	ламп, n
Вітальня	29,35	150	7	6
Гараж	15,5	50	6	3
Комора	3,255	50	6	1
Коридор (вся площа)	35,8	50	6	5
Кухня	14,5	150	7	3
Спальня	10,4	150	7	2
Сан вузол	6,44	50	6	2
Ганок	6,6	50	6	1

З таблиці 2.9 можна побачити, що ми використовуватимемо два типи світлодіодних ламп за номінальними потужностями 6 Вт та 7 Вт.

Семиватна модель марки SNeppiLamp 7/12 – надыскрава світлодіодна лампа освітлення. Зазвичай монтується у світильники, що вбудовуються, проте циліндрична поверхня лампи дозволяє використовувати і інші кріплення. Потужність споживання - 7 Вт, 12-24 В, аналог 100-ватної лампи розжарювання, дуже зручна та безпечна. У нашому випадку такі лампи будуть використовуватися у вітальні, кухні та спальні.

Шестиватна модель марки Ecos Lx-6w – світлодіодна лампа, аналог лампи розжарювання потужністю 55 Вт. Має широкий спектр застосування як у побуті, так і в офісних приміщеннях. Може використовувати як штатне освітлення. У нашому випадку Ecos Lx-6w використовуватиметься в інших приміщеннях будинку.

Знайдемо загальну кількість ламп та визначимо сумарну потужність освітлення.

Кількість світлодіодних ламп, номінальною потужністю 7Вт та 6Вт, становить – 23 штуки.

Через війну розрахунків вийшла сумарна номінальна потужність всіх ламп, таблиця 2.10.

Таблиця 2.10 – Сумарна номінальна потужність усіх ламп.

Кількість та тип ламп.	Сумарна потужність
------------------------	--------------------

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11 ламп по 7Вт	77Вт
12 ламп по 6Вт	72Вт
Разом:	149 Вт = 0,149 кВт

У таблиці 2.11 показано витрату електроенергії при освітленні

Таблиця 2.11 - Витрата електроенергії під час освітлення.

Потребл. потужний. W _{ном} , кВт	Коеф-т. використ. Кісп. ≈5год на добу	Факт. енергії на годину W _{факт/год} , кВт/год	Факт. енергії на рік W _{факт/рік} , кВт/рік
0,149	0,2	0,0122	106,87

Сумарне споживання енергії на електроустаткування та освітлення складає:

$$W_{\text{сум}} = 2,52 + 0,0122 = 2,5322 \text{ кВт/час, или}$$

$$W_{\text{сум}} = 21763,44 + 106,87 = 21870,31 \text{ кВт/год}$$

Якщо округлити значення, дані будуть наступними: 2,53 кВт/год і 21870 кВт/год.

Таким чином, розраховано сумарне споживання енергії при одночасному включенні всього електрообладнання та освітлення.

Сумарна потужність всіх пристроїв, що підключаються, з урахуванням коефіцієнта використання:

$$P_{\text{сум}} = W_{\text{факт}} / \text{год},$$

$$P_{\text{сум}} = 2,53 \text{ кВт/год}$$

Потужність інвертора:

$$P_{\text{инв}} = 1,25 \cdot P_{\text{сум}} = 3,16 \text{ кВт}$$

Необхідне значення зарядної ємності акумуляторних батарей:

$$I = \frac{P_{\text{сум}}}{U_{\text{акк}} \cdot N_{\text{акк}}} = \frac{2,53 \text{ кВт}}{24 \text{ В} \cdot 0,5} = 0,21 \text{ кАч} \approx 0,2 \text{ кАч}$$

Необхідна потужність та кількість фотоелементів.

Розраховуємо кількість енергії за контрольний період (грудень), що виробляється фотоелементом, тому що в грудні мінімальне значення сонячної радіації:

$$E_{\text{фэ}} = 0,7 \cdot 230 \cdot 24,8 = 3992,8 \text{ Вт/ч} = 3,9928 \text{ кВт/ч} \approx 4 \text{ кВт/ч}$$

Сумарна енергія фотоелементів повинна бути не меншою від сумарного споживання енергії пристроями споживачами.

$$E_{\text{сум}} = 0,7 \cdot 2,53 \cdot 24,8 = 43,921 \text{ кВт/ч} \approx 44 \text{ кВт/ч}$$

З отриманих даних кількість сонячних батарей дорівнює:

$$n = \frac{E_{\text{сум}}}{E_{\text{фэ}}} = \frac{44}{4} = 11 \text{ шт или } 16,5 \text{ м}^2$$

2.5 Характеристика та розрахунок вітряного генератора

Використання енергії вітру допомагає вирішити багато проблем енергопостачання віддалених об'єктів та заміських будинків та здобути незалежність від місцевих енергопостачальних організацій.

Для невеликого заміського будинку за наявності середньорічної швидкості вітру понад 4 м/с достатньо вітроустановки (ВЕС) потужністю:

Близько 150-200 Вт для покриття базових потреб в електроенергії – освітлення, телевізор, зв'язок, радіо, інше малопотужне навантаження. Якщо в будинку є маленький холодильник, то потрібна вітроустановка потужністю 0,5-1 кВт.

Від 1 до 5 кВт для електропостачання майже повністю споживачів у заміському будинку, включаючи пральну машину, холодильник, комп'ютери тощо. У періоди сильного і тривалого вітру надлишки електроенергії, що

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виробляється, можуть використовуватися для опалення приміщень.

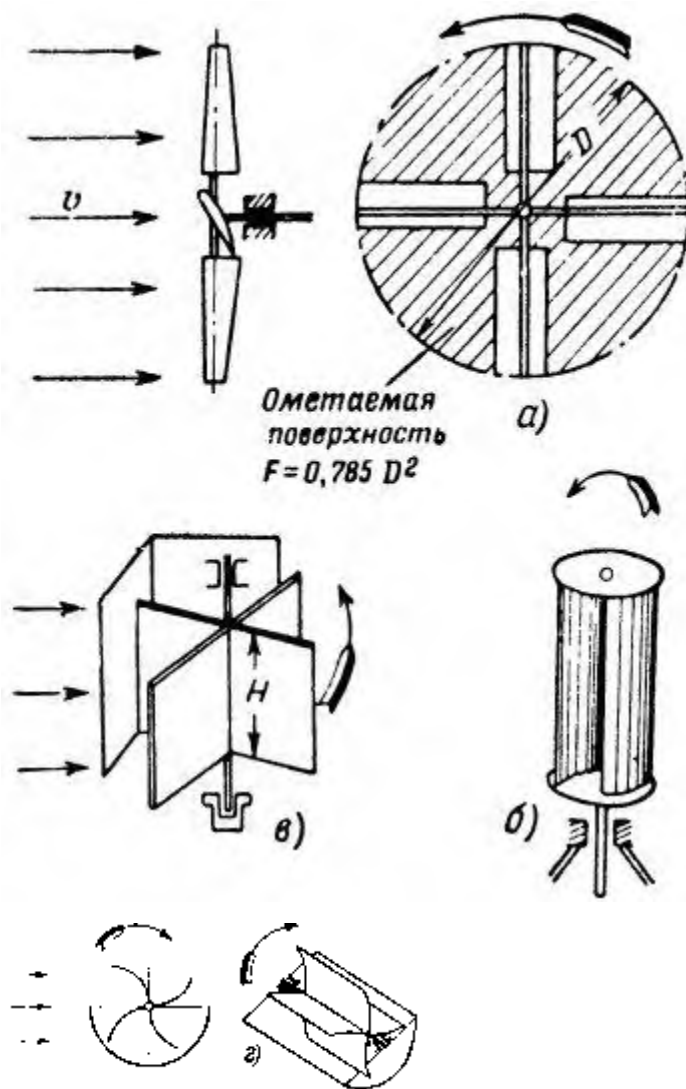
Перед тим, як буде продемонстровано приклад вибору вітроелектростанції (ВЕС), слід дізнатися, які бувають вітрогенератори, яким чином потік повітря трансформується в електричну енергію і скільки такої енергії можна буде отримати на своїй ділянці.

За влаштуванням вітряка та положення його в потоці вітру системи вітродвигунів поділяють на три класи:

Крильчасті вітрогенератори. Мають ветроколесо з тим чи іншим числом крил. Площина обертання вітроколеса у крильчастих вітродвигунів перпендикулярна до напрямку вітру, отже, вісь обертання паралельна вітру (рисунок 2.6,а). Коефіцієнт використання енергії вітру цих вітродвигунів досягає $\xi = 0.42$.

Карусельні та роторні вітрогенератори. Мають ветроколесо (ротор) з лопатями, що рухаються у напрямку вітру. Вісь обертання вітроколеса займає вертикальне положення (рисунок 2.6 б). Коефіцієнт використання енергії вітру цих вітродвигунів дорівнює від 10 до 18%.

Барабанні вітрогенератори. Мають таку ж схему вітроколеса, як і роторні, і відрізняються від них лише горизонтальним положенням ротора, тобто вісь обертання вітроколеса горизонтальна і розташована перпендикулярно до потоку вітру (рисунок 2.6, г). Коефіцієнт використання енергії вітру цих вітряків від 6 до 8% [8-37]. На рисунку 2.6 показані системи вітродвигунів.



а) - крильчасті вітродвигуни; б) – роторні вітрогенератори; в) – карусельні вітрогенератори; г) – барабанні вітрогенератори

Рисунок 2.6 - Системи вітродвигунів

Так як крильчасті вітрогенератори працюють значно ефективніше за карусельні та роторні, то для нашого будинку ефективніше використовувати крильчасті вітрогенератори.

Класифікація за кількістю лопатей:

- дволопатеві;
- Трилопатеві;
- багатолопатеві (4 і більше лопатей).

Для вироблення необхідної кількості електроенергії потрібен факт обертання, а вихід необхідну кількість оборотів.

Кожна лопата (додаткова) збільшує загальний опір вітрового колеса, що робить вихід робочі обороти генератора складнішим. Таким чином, багатолопатеві установки дійсно починають обертатися при менших швидкостях вітру, проте вони застосовуються у випадку, коли має значення сам факт обертання, наприклад, при перекачуванні води. Для вироблення електроенергії вітрогенератори з великою кількістю лопатей практично не використовуються. До того ж на них не рекомендується встановлення редуктора, оскільки це ускладнює конструкцію, а також робить її менш надійною.

Розглянемо принцип дії та схему вітроелектростанції [17].

Як видно з рисунка 2.7 потік вітру, що прагне лопаті вітряка, активує ротор і самі лопаті. Далі ротор і лопаті надають руху головний вал, а він у свою чергу обертає редуктор і в результаті обертання генератора на виході отримуємо електрику. На малюнку 2.8 показано схему вітроелектростанції.

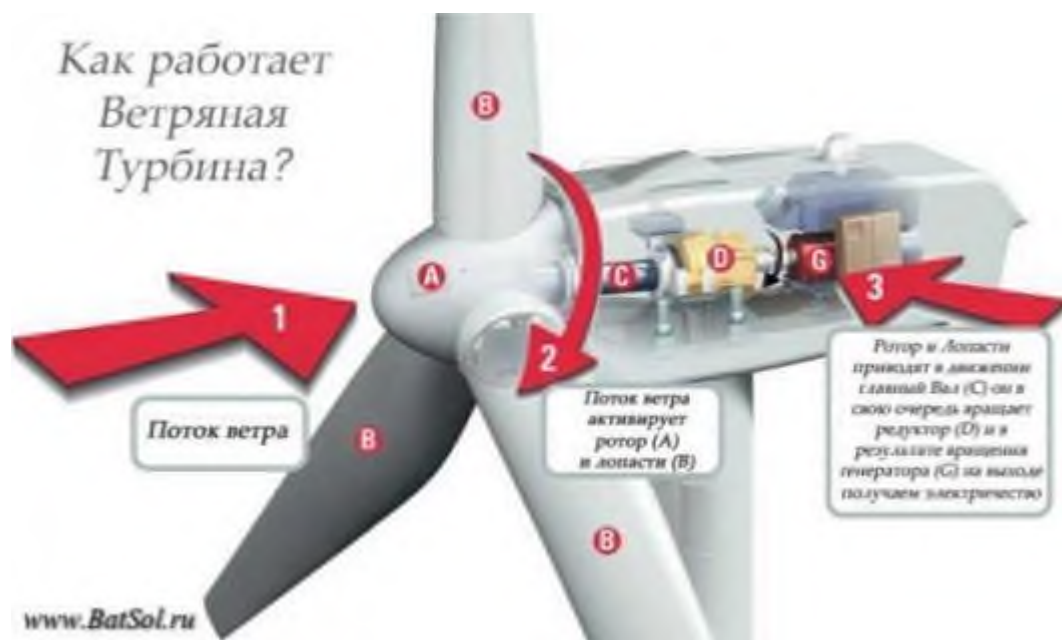


Рисунок 2.7 – Принцип отримання електрики



Рисунок 2.8 - Схема вітроелектростанції

Схема вітроелектростанції ідентична сонячній електростанції, яка складається з вітрогенератора, зарядного пристрою (контролера), що забезпечує зарядку акумуляторних батарей, та інвертора, що перетворює постійний струм на змінний. Уся система також працює в автоматичному режимі.

Так як схеми систем електростанцій ідентичні, можна буде використовувати комбіновані електростанції, об'єднавши в один ланцюг сонячні батареї та вітрогенератори, тим самим ми зменшимо витрати на сонячні панелі і збільшимо електричний виробіток, при цьому застраховавшись від безвітряної або без сонячної погоди.

Перед встановленням вітрогенератора необхідно зрозуміти, чи є сенс ставити його у нашій місцевості. Для оцінки ефективності установки вітрогенератора з кадастру вітроенергетичних ресурсів повинні бути визначені такі основні показники для місця установки вітроелектростанції:

- Середньорічна $V_{\text{ср.год.}}$ і середньомісячна $V_{\text{ср.міс.}}$ швидкість вітру (м/с);
- час енергозатишень та відключення ВЕУ через сильний вітер t ,

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

(година).

У таблиці 2.12 дано середні швидкісні показники вітру Оренбурзької області [21].

Таблиця 2.12 - Середньомісячна швидкість вітру на висоті 12-30 метрів над поверхнею землі

Назва місяця	січень	лютий	Березень	квітень	травень	червень	липень	Серпень	вересень	жовтень	листопад	грудень	Середнє за рік
Середнє значення швидкості вітру, м/с	6	6,25	6	5,6	5,9	5	4,4	4,5	5,1	5,7	5,75	6	5,5

Усього року приблизно 45 безвітряних днів, чи $t = 1080$ годин.

Нами обрано модель вітрогенератора марки Exmork 750 Вт, 24. Розглянемо основні характеристики та вироблення електроенергії вітрогенератора.

Дані вироби виготовляються для експлуатації у побуті: приватні котеджі, особисті будівлі, невеликі споживачі електрики: 220В 50 Гц. Вітрогенератор при обертанні генерує електрику, яка використовується для заряджання акумуляторів. Накопичений в акумуляторах струм за допомогою інвертора перетворюється на 220В 50 Гц.

Характеристика Exmork 750 Вт, 24:

- Потужність при 10 м/с – 900 Вт;
- Потужність при 9 м/с – 825 Вт;
- Потужність при 5 м/с – 100 Вт;
- Початок обертання – з 2,5 м/с;
- Діпазон вітру генерації 3-25 м/с, понад 20 м/с вмикається захисне

гальмування

- Кількість лопатей – 3 штуки
- Діаметр ротора – 2,7 м-коду.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					62

– Спосіб кріплення на щоглу «труба в трубу» (зовнішній діаметр щогли під фланець вітряка – 89 мм.)

Розрахуємо потужність, що виробляється вітроустановкою, і побудуємо залежність потужності, що виробляється від швидкості вітру для заданої ділянки.

Методика розрахунку:

Площа, омітається вітроколесом, дорівнює:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \text{ м}^2, \quad (11)$$

де D – діаметр вітроколеса, м.

Визначається потужність, що виробляється вітроустановкою:

$$P = \rho \frac{A}{2} v^3 \cdot \xi \cdot \eta, \text{ Вт}, \quad (12)$$

де ρ – щільність повітря, що дорівнює 1,23 кг/м³;

v – швидкість вітру, м/с;

ξ – Коефіцієнт використання енергії вітру;

η – коефіцієнт, що враховує втрати під час передачі потужності від валу вітроколеса до робочої машини (ККД ВЕУ). Для розрахунку приймаємо $\eta = 0,8$.

Потужність, що виробляється вітроустановкою, розраховується для всього

Діапазону швидкостей, зазначених у технічній характеристиці ВЕУ. Дані розрахунку потужності в інтервалі від $v_{\min}$ до v_p занесемо до таблиці 2.12. Поданим таблиці 2.12 побудувати залежність $P=f(v)$, вказавши у ньому характерні точки: $v_{\min}$, $P_{\min}$, v_p , P_p , $v_{\max}$.

Визначити річний виробіток електроенергії ВГ за рахунок ВЕУ:

$$W_{\Gamma} = \frac{P_{\text{ВЕУ}} \cdot T}{1000}, \text{ кВт} \cdot \text{ч}, \quad (13)$$

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де T - час роботи вітроустановки на рік, год.

Визначити середньорічну забезпеченість електроенергією приватного будинку від ВЕУ:

$$\Xi_3 = \frac{W_{\Gamma}}{P_{\Gamma}} \cdot 100\%, \quad (14)$$

Розрахунок потужності. Вихідні дані беремо з технічної характеристики вітрогенератора Exmork.

Площа, омітається вітроколесом:

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 2,7^2}{4} = 5,72 \text{ м}^2$$

Потужність, що виробляється вітроустановкою при робочій швидкості обертання вітроколеса:

$$P = \rho \frac{A}{2} v^3 \cdot \xi \cdot \eta, \text{ Вт} = 1,23 \cdot \frac{5,72}{2} \cdot 8,5^3 \cdot 0,42 \cdot 0,8 = 725,8 \text{ Вт}$$

Аналогічним чином вважається потужність для інших швидкостей вітрадіапазоні від $v_{\min}$ до $v_{\max}$ інтервалом в 1,0 м/с. Дані заносяться до таблиці 2.13, якими будується залежність $P=f(v)$. У разі $v_{\min} = 2,5$ м/с.

Таблиця 2.13 - Результати розрахунку залежності потужності ВЕУ від швидкості вітру

v , м/с	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5
P , Вт	18,47	50,67	107,71	196,65	324,6	405,4	725,8

Річна вироблення електроенергії W_{Γ} з допомогою ВЕУ за умови сталості середньорічний швидкості вітру $v=5,5$ м/с (див. таблиця 2.13).

$$W_{\Gamma} = \frac{P_{\text{ВЗУ}} \cdot T}{1000} = \frac{196,65 \cdot 8760}{1000} = 1722,65 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Середньорічна забезпеченість електроенергією приватного будинку від ВЕУ:

$$\Xi_{\text{э}} = \frac{W_{\Gamma}}{P_{\Gamma}} \cdot 100\% = \frac{1722,65}{21870} \cdot 100 = 7,88\%$$

Тобто у нашому випадку потреба в електроенергії електропобутових приладів у приватному будинку приблизно на 8% може бути забезпечена за рахунок вітроенергетичної установки.

Поставивши на своїй ділянці хоча б невеликий вітрогенератор замість дизель- або бензоелектростанції, ви зробите свій внесок у справу збереження природи, скорочення викидів шкідливих та парникових газів та запобігання зміні клімату.

Навіть якщо ви підключені до мережі централізованого електропостачання, використання енергії вітру для ваших потреб теж буде корисним для природи, тому що мережі отримують електроенергію, спалюючи вугілля, мазут або газ, або навіть на атомних станціях.

2.6 Характеристика та розрахунок сонячного колектора

Існують різні види сонячних колекторів, що мають свої позитивні та негативні сторони:

- вакуумний колектор із прямою теплопередачею воді;
- вакуумний колектор з прямою теплопередачею воді та вбудованим теплообмінником;
- вакуумний колектор із термотрубами;
- плоский сонячний колектор.

Вакуумний колектор із прямою теплопередачею воді. У такому

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

колекторі вакуумні трубки з'єднані із накопичувальним баком. З контуру теплообмінника вода тече прямо в трубки, нагрівається та повертається назад. Такі системи ще називають термосифонними. До переваг цих систем відноситься безпосередня передача тепла воді без інших елементів. Термосифонні системи працюють на принципі явища природної конвекції, коли тепла вода прагне вгору. У термосифонних системах бак повинен бути розташований вище за колектор. Коли вода в трубках колектора нагрівається, вона легшає і природно піднімається у верхню частину бака. Більш прохолодна вода в баку тече вниз у трубки, таким чином забезпечується циркуляція у всій системі. У маленьких системах бак об'єднаний із колектором і не розрахований на магістральний тиск, тому термосифонні системи потрібно використовувати або з подачею води з вищерозташованої ємності, або через редуктори, що зменшують тиск. Така система має мінімальний гідравлічний опір.

Вакуумний колектор із прямою теплопередачею воді та вбудованим теплообмінником. Такий колектор має всі переваги та особливості попереднього типу колекторів. Відмінністю є наявність вбудованого в бак ефективного теплообмінника, що дозволяє під'єднати колектор із баком до напірної мережі водопостачання. При цьому в трубках, як і раніше, практично немає тиску. Однією з переваг є можливість заповнення водонагрівального контуру незамерзаючою рідиною, що дозволяє використовувати його і при невеликих мінусових температурах (до мінус 5-10 градусів). Іншою перевагою є те, що в колекторі не відкладаються солі жорсткості та інші забруднення, так як об'єм теплоносія один і той же, а вода, що витрачається, проходить тільки по внутрішньому мідному теплообміннику.

Вакуумний колектор із термотрубками. Головним елементом сонячних колекторів даної конструкції є термотрубка - закрита мідна труба з невеликим вмістом рідини, що легко кипить. Робота високотехнологічних вакуумних трубок заснована на простому принципі теплової труби, яка є порожнистим мідним стрижнем, запаяним з обох кінців з розширенням у верхній частині.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Усередині нього знаходиться нетоксична рідина (іноргатик). При нагріванні рідини до температури кипіння вона закипає і в пароподібному стані піднімається у верхню частину - наконечник (конденсатор), температура на якому може досягати 250-380°C. І там конденсується, віддаючи тепло. А конденсат стікає по стінках трубки донизу і процес повторюється. Теплова трубка вставляється у скляну трубу та фіксується між двома алюмінієвими ребрами. Форма ребер така, що площа їх контакту з тепловою трубкою та внутрішньою поверхнею вакуумної труби максимальна. Така модель ребер забезпечує максимальну передачу тепла до мідної теплової трубки, а потім теплоносія в проточному теплообміннику. Внутрішня порожнина теплової трубки вакуумована, тому ця рідина випаровується навіть при температурі близько 30 °C. За меншої температури трубка «замикається» і додатково зберігає тепло. Вакуумні трубки показують чудові результати і у хмарні дні, тому що труби здатні поглинати енергію інфрачервоних променів, що проходять через хмари. Завдяки ізоляційним властивостям вакууму вплив вітру та низьких температур на роботу вакуумних труб незначний. Така модель ребер забезпечує максимальну передачу тепла до мідної теплової трубки, а потім теплоносія в проточному теплообміннику. Внутрішня порожнина теплової трубки вакуумована, тому ця рідина випаровується навіть при температурі близько 30 °C. За меншої температури трубка «замикається» і додатково зберігає тепло. Вакуумні трубки показують чудові результати і у хмарні дні, тому що труби здатні поглинати енергію інфрачервоних променів,

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що проходять через хмари. Завдяки ізоляційним властивостям вакууму вплив вітру та низьких температур на роботу вакуумних труб незначний. За меншої температури трубка «замикається» і додатково зберігає тепло. Вакуумні трубки показують чудові результати і у хмарні дні, тому що труби здатні поглинати енергію інфрачервоних променів, що проходять через хмари. Завдяки ізоляційним властивостям вакууму вплив вітру та низьких температур на роботу вакуумних труб незначний. За меншої температури трубка «замикається» і додатково зберігає тепло. Вакуумні трубки показують чудові результати і у хмарні дні, тому що труби здатні поглинати енергію інфрачервоних променів, що проходять через хмари. Завдяки ізоляційним властивостям вакууму вплив вітру та низьких температур на роботу вакуумних труб незначний.

Плоский сонячний колектор. Плоский колектор - найпоширеніший вид сонячних колекторів, що використовуються у побутових водонагрівальних та опалювальних системах. Цей колектор є теплоізованою заскленою панеллю, в яку поміщена пластина поглинача. Пластина поглинача виготовлена з металу, що добре проводить тепло (найчастіше міді або алюмінію). Найчастіше використовують мідь, т.к. вона краще проводить тепло і менше схильна до корозії, ніж алюміній. Пластина поглинача оброблена спеціальним високоселективним покриттям, яке найкраще утримує поглинене сонячне світло. Це покриття складається з дуже міцного тонкого шару аморфного напівпровідника, нанесеного на металеву основу,

Завдяки склінню (у плоских колекторах зазвичай використовується матове, що пропускає тільки світло, скло з низьким вмістом заліза) знижуються втрати тепла. Дно та бічні стінки колектора покривають теплоізолюючим матеріалом, що ще більше скорочує теплові втрати.

У нашій роботі ми будемо використовувати вакуумний колектор із термотрубками марки ES58-1800-15R4. Цей колектор складається з вакуумних трубок 15 штук, можлива цілорічна експлуатація в наших умовах. Ціна одного сонячного колектора 15800 грн. Наш вибір зупинився саме на вакуумному

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

колекторі із термотрубками, т.к. ефективність роботи даного сонячного колектора 100% цілий рік, що видно з таблиці 2.14.

Таблиця 2.14 – Ефективність роботи сонячних колекторів

Тип колектора	Порівняльна ефективність квітень-жовтень, залежно від площі, %	Порівняльна ефективність листопад-березень, залежно від площі, %	Проблема розмноження бактерій	Ремонтопридатність, %	Нагрівання теплоносія до температури, 0С
1	2	3	4	5	6
Вакуумний колектор із прямою теплопередачею воді	90	0	Є	70	95
Вакуумний колектор з прямою теплопередачею воді та вбудованим теплообмінником	95	70	Ні	60	95
Вакуумний колектор з термотрубками	100	100	Ні	100	250
Плоский сонячний колектор	60	33	Є	30	95

Розглянемо схему обв'язування стандартної сонячної водонагрівальної установки (рисунок 2.9) для приготування гарячої води з описом основного обладнання та запірної арматури. Цю схему можна використати як базову.

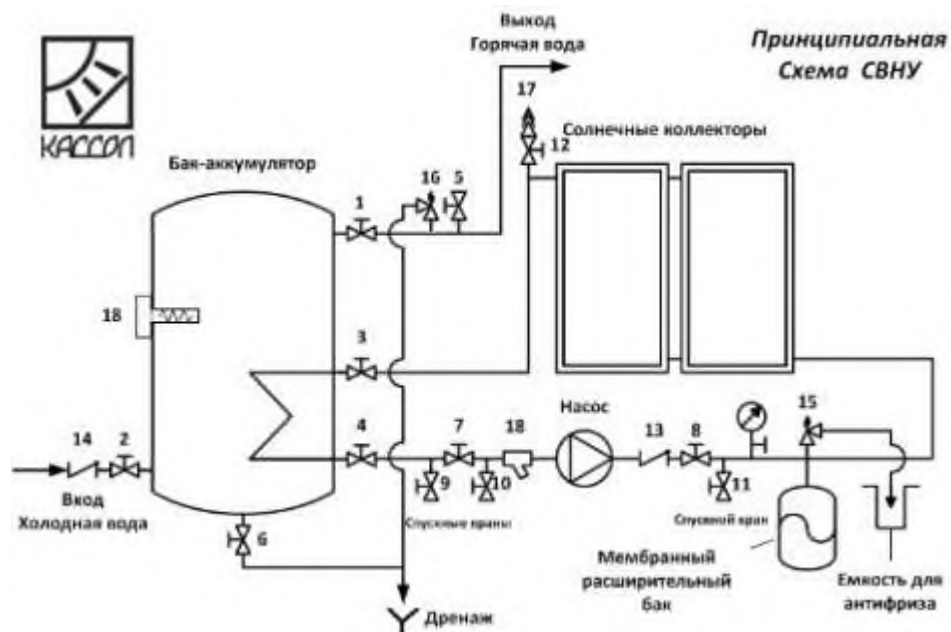


Рисунок 2.9 – Схема сонячної водонагрівальної установки

Первинний контур складається із сонячних колекторів, системи трубопроводів, насоса, мембранного розширювального бака та теплообмінника. Зважаючи на те, що в сонячних колекторах можливі високі температури трубопроводи необхідно робити з металевих труб - мідних або з нержавіючої сталі. Мідні труби доцільно з'єднувати твердим паянням. Принаймні на відстані не менше 5 метрів від сонячних колекторів всі з'єднання повинні бути виконані на твердій пайці. Теплообмінники можуть бути як вбудовані в баки-акумулятори (зазвичай змійникові), так і окремо розташовані (наприклад, пластинчасті). Зазвичай для баків-акумуляторів об'ємом до 1000 літрів використовуються вбудовані теплообмінники в бак, понад пластинчасті. Можна використовувати як баки-акумулятори понад 1000 літрів із вбудованими теплообмінниками, так і баки-акумулятори меншого об'єму із пластинчастими теплообмінниками. Але в цих випадках необхідно особливо уважно ставитися до розрахунку достатності поверхні теплообміну та порівнювати вартості отриманих рішень. Достатньою умовою визначення поверхні теплообміну вбудованих змійникових теплообмінників є співвідношення $0,15 - 0,2 \text{ м}^2$ поверхні теплообміну на 1 м^2 поверхні сонячного колектора. Кульові крани 3 та 4 призначені для відсікання теплообмінника

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

бака-акумулятора. Крани 7 та 8 призначені для перекриття насосної збірки. Кран 7 спільно з кранами 9 та 10 використовується для заправки теплоносія. Кран 11 використовується як спускний кран при зливі теплоносія, злив теплоносія через крани 9 і 10 утруднений через зворотний клапан 13. Кульовий кран 12 призначений для випуску повітря через відвідник повітря 17 в процесі заправки теплоносієм системи. Після запуску системи та видалення повітря з неї кран 12 повинен бути закритий, щоб уникнути випаровування теплоносія через відкриті відвідники повітря в періоди стагнації сонячних колекторів. Також первинний контур повинен бути укомплектований фільтром 18, манометром, запобіжним клапаном 15 налаштованим на 6 бар. У полі сонячних колекторів потрібно намагатися уникати установки запірної арматури, іноді доцільно встановлювати запобіжний клапан 6 бар в полі сонячних колекторів. у разі розширення при нагріванні води. Так само передбачити, якщо дане обладнання відсутнє в комплектації бака-акумулятора, запобіжний клапан 16 в 6 бар і кран 5 для випуску повітря під час заповнення бака водою. Можливе встановлення додаткового мембранного бака для системи ГВП. Як догрівач дублера на схемі показаний ТЕН 18.

Розрахуємо площу сонячного колектора для забезпечення споживача гарячою водою у кількості m кілограмів на добу із заданою температурою ТК, ОК у зимовий період (з листопада по лютий). Визначимо кількість колекторів n для вироблення необхідного обсягу гарячої води та розрахуємо їхню вартість. Розрахунок проведемо кожного місяця заданого періоду.

Методика розрахунку:

Визначається кількість питомої енергії, що виробляється сонячним колектором у зимовий період для кожного місяця:

$$Q_{\text{в.уд}} = K_f \left(H \cdot \tau - \frac{T_{\text{п}} - T_{\text{о.с.}}}{R_{\text{п}}} \cdot 3,6 \cdot 10^3 \right), \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2}, \quad (15)$$

де K_f - коефіцієнт перенесення сонячної енергії до рідини. Цей коефіцієнт показує частку теплового потоку $Q_{\text{в.уд}}$, що передається воді, і в

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахунках приймається рівним 0,85;

H - Сумарна сонячна денна радіація на горизонтальну поверхню;

T - Коефіцієнт пропускання сонячного випромінювання прозорим покриттям (з урахуванням поглинання сонячного випромінювання поверхнею колектора приймаємо $\tau = 0,9$ – для одинарного скляного покриття, $\tau = 0,8$ для подвійного скляного покриття, $\tau = 0,81$ для силікатного скла);

T_{Π} - Температура приймальної поверхні колектора, ОК;

$T_{o.c.}$ - Температура навколишнього середовища, ОК;

R_{Π} – термічний опір приймальної поверхні типового колектора ($R_{\Pi} = 0,13 \text{ м}^2 \text{ ОК/Вт}$ – для одинарного скла, $R_{\Pi} = 0,22 \text{ м}^2 \text{ ОК/Вт}$ – для двошарового скла; $R_{\Pi} = 0,4 \text{ м}^2 \text{ ОК/Вт}$ – для силікатного скла) .

Температура приймальної поверхні колектора розраховується за виразом:

$$T_{\Pi} = \frac{T_{o.c.} + T_{\text{Б}}}{2}, \quad (16)$$

де $T_{\text{Б}}$ – температура води в баку-акумуляторі до кінця дня (у розрахунках приймається рівною заданій кінцевій температурі $T_{\text{К}}$).

Визначається кількість енергії для нагрівання необхідної кількості води на добу до заданої температури кожного місяця розрахункового періоду i :

$$Q_{ni} = m \cdot C (T_{\text{К}} - T_{\text{Н}}) 10^{-3}, \text{ МДж}, \quad (17)$$

де m - Маса гарячої води, кг;

C – теплоємність води ($C = 4,19 \text{ кДж/кг} \cdot \text{ОК}$);

$T_{\text{К}}$ - Кінцева температура нагріву, ОК;

$T_{\text{Н}}$ - Початкова температура нагріву (приймається рівною температурі навколишнього середовища для розрахункового періоду часу).

Площа сонячного колектора визначається ставленням

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{CK} = \frac{Q_{ni}}{Q_{в.уд.}}, \text{ м}^2, \quad (18)$$

Виходячи з розрахункової площі СК визначається кількість колекторів n для розрахункового періоду часу використання. Для розрахунку приймаємо площу однієї вакуумної трубки колектора 0,08 м².

Розраховується вартість необхідної кількості колекторів за їх максимальним значенням з розрахункових місяців.

Розрахунок сонячного колектора.

Візьмемо такі вихідні дані:

Маса гарячої води, $m = 50$ кг; кінцева температура нагріву, $T_K = 70$ °C; вид скляного покриття – двошарове; розрахунковий період – з листопада по лютий, період із мінімальним надходженням сонячної радіації; сумарна сонячна денна радіація на горизонтальну поверхню $H = 1,2$ кВт (листопад) чи 4,3 МДж, $T_{0.с.} = 269$ ОК.

Температура приймальної поверхні СК:

$$T_{\Pi} = \frac{T_{0.с.} + T_B}{2} = \frac{269 + 343}{2} = 306 \text{ } ^\circ\text{До}$$

Кількість питомої енергії, що виробляється сонячним колектором у зимовий період за листопад:

$$\begin{aligned} Q_{в.уд} &= K_f \left(H \cdot \tau - \frac{T_{\Pi} - T_{0.с.}}{R_{\Pi}} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \right) = \\ &= 0,85 \left(4,3 \cdot 0,9 - \frac{306 - 269}{0,22} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \right) = 2,78 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2}, \end{aligned}$$

Кількість енергії для нагрівання води за добу до заданої температури для листопада:

$$Q_{ni} = m \cdot C (T_K - T_H) 10^{-3} = 50 \cdot 4,19 (343 - 269) 10^{-3} = 15,5 \text{ МДж}$$

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа сонячного колектора:

$$P_{СК} = \frac{Q_{ni}}{Q_{в.уд.}} = \frac{15,5}{2,78} = 5,57 \text{ м}^2$$

Кількість вакуумних трубок сонячних колекторів для листопада:

$$n = \frac{5,57}{0,08} = 69,6 \text{ шт} \approx 70 \text{ шт.}$$

Наш колектор складається із 15 вакуумних трубок, тобто. нам знадобляться приблизно 5 штук колекторів.

Для інших місяців розрахунок кількість СК аналогічна. Для рекомендації до встановлення приймаємо найбільшу кількість СК, отриману для кожного місяця.

Розрахунок для грудня. Вихідні дані самі, крім: $H=0,8 \text{ кВт}=2,87 \text{ МДж}$;
 $T_{0.с.} = 263 \text{ ОК}$

Температура приймальної поверхні СК:

$$T_{\Pi} = \frac{T_{0.с.} + T_{б.}}{2} = \frac{263 + 343}{2} = 303 \text{ }^{\circ}\text{До}$$

Кількість питомої енергії, що виробляється сонячним колектором у зимовий період за грудень:

$$Q_{в.уд} = K_f \left(H \cdot \tau - \frac{T_{\Pi} - T_{0.с.}}{R_{\Pi}} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \right) =$$
$$= 0,85 \left(2,87 \cdot 0,9 - \frac{303 - 263}{0,22} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \right) = 1,64 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2},$$

Кількість енергії для нагрівання води на добу до заданої температури для грудня:

$$Q_{ni} = m \cdot C (T_{к} - T_{н}) 10^{-3} = 50 \cdot 4,19 (343 - 263) 10^{-3} = 16,76 \text{ МДж}$$

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа сонячного колектора:

$$P_{СК} = \frac{Q_{ni}}{Q_{в.уд.}} = \frac{16,76}{1,64} = 10,22 \text{ м}^2$$

Кількість вакуумних трубок сонячних колекторів для грудня:

$$n = \frac{10,22}{0,08} = 127,7 \text{ шт} \approx 130 \text{ шт.}$$

Звідси випливає, що нам знадобляться приблизно 9 штук колекторів для грудня.

Розрахунок для січня. Вихідні дані самі, крім: $H=0,97 \text{ кВт}=3,48 \text{ МДж}$;
 $T_{0.с.} = 260 \text{ ОК}$

Температура приймальної поверхні СК:

$$T_{\Pi} = \frac{T_{0.с.} + T_{Б}}{2} = \frac{260 + 343}{2} = 301,5 \text{ }^{\circ}\text{До}$$

Кількість питомої енергії, що виробляється сонячним колектором у зимовий період за січень:

$$\begin{aligned} Q_{в.уд} &= K_f \left(H \cdot \tau - \frac{T_{\Pi} - T_{0.с.}}{R_{\Pi}} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \right) = \\ &= 0,85 \left(3,48 \cdot 0,9 - \frac{301,5 - 260}{0,22} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \right) = 2,08 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2}, \end{aligned}$$

Кількість енергії для нагрівання води на добу до заданої температури для травня:

$$Q_{ni} = m \cdot C (T_{к} - T_{н}) 10^{-3} = 50 \cdot 4,19 (343 - 260) 10^{-3} = 17,38 \text{ МДж}$$

Площа сонячного колектора:

$$P_{СК} = \frac{Q_{ni}}{Q_{в.уд.}} = \frac{17,38}{2,08} = 8,35 \text{ м}^2$$

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість сонячних колекторів для січня:

$$n = \frac{8,35}{0,08} = 104,3 \text{ шт} \approx 104 \text{ шт.}$$

Із цього випливає, що на січень місяць нам знадобляться 7 штук колекторів.

Розрахунок для лютого. Вихідні дані самі, крім: $H=1,85 \text{ кВт}=6,64 \text{ МДж}$;
 $T_{0.с.} = 261 \text{ ОК}$

Температура приймальної поверхні СК:

$$T_{\Pi} = \frac{T_{0.с.} + T_{\text{Б}}}{2} = \frac{261 + 343}{2} = 302 \text{ }^{\circ}\text{До}$$

Кількість питомої енергії, що виробляється сонячним колектором у зимовий період за лютий:

$$\begin{aligned} Q_{\text{в.уд}} &= K_f \left(H \cdot \tau - \frac{T_{\Pi} - T_{0.с.}}{R_{\Pi}} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \right) = \\ &= 0,85 \left(6,64 \cdot 0,9 - \frac{302 - 261}{0,22} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \right) = 4,51 \frac{\text{МДж}}{\text{м}^2}, \end{aligned}$$

Кількість енергії для нагрівання води на добу до заданої температури для травня:

$$Q_{ni} = m \cdot C (T_{\text{к}} - T_{\text{н}}) 10^{-3} = 50 \cdot 4,19 (343 - 261) 10^{-3} = 17,18 \text{ МДж}$$

Площа сонячного колектора:

$$P_{\text{СК}} = \frac{Q_{ni}}{Q_{\text{в.уд}}} = \frac{17,18}{4,51} = 3,8 \text{ м}^2$$

Кількість сонячних колекторів для січня:

$$n = \frac{3,8}{0,08} = 47,5 \text{ шт} \approx 48 \text{ шт.}$$

З цього випливає, що на лютий місяць нам знадобляться приблизно 4

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

штуки колектора.

З розрахунків видно, що найбільше сонячних колекторів знадобиться в грудні, 9 штук. Однак така велика кількість колекторів у літній час не знадобиться, наприклад, у травні із сонячною радіацією в 5,85 кВт/м² нам знадобиться лише один колектор для нагрівання 50 літрів води. Тому для зимового періоду можна взяти середню кількість сонячних колекторів (приблизно 7 штук), а в літній період використовувати лише один колектор (з травня до серпня).

Розглянемо вартість всієї установки сонячного колектора у зимовий період, т.к. максимальна кількість колекторів, що використовуються, припадає саме в цей період.

Ціна одного сонячного колектора – 15800 грн. Нам знадобляться 7 штук, що становить 110 600 грн.

Контролер у зборі коштує – 6000 грн. Система автоматичного керування сонячними колекторами.

Накопичувальний бак (бойлер) марки SR100/1 (100 л), ціна – 20570 грн.

Насосна робоча станція для циркуляції рідини у системі сонячного колектора непрямого нагріву. Ціна - 14 500 грн.

Усього система обійдеться 151 670 грн.

2.7 Характеристика та застосування теплонасосу в будинку

Система теплонасосу в нашому будинку буде використовуватися для опалення та гарячого часткового водопостачання. Основна відмінність теплового насоса від інших генераторів теплової енергії (електричних, газових та дизельних) полягає в тому, що при виробництві тепла до 80 відсотків енергії витягується з навколишнього середовища. Тепловий насос «викачує» енергію з навколишнього повітря, ґрунту, скельної породи або озера, накопичену за теплу року року.

На сьогоднішній день вартість виробництва теплової енергії значно

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залежить від виду «палива»: найдешевшим є природний газ, потім електроенергія та дизельне паливо. Проте ціна на енергоносії неухильно зростає.

Влаштування теплового насоса має модульну конструкцію, займає мало місця і не порушує інтер'єр будинку. Теплові насоси є закінченим виріб, готова тепlopостачальна установка. У середині установки знаходиться бойлер ємністю 150-180 літрів (або зовнішній бойлер до 1000 л). Установка складається із зовнішнього контуру (колектора), що збирає тепло навколишнього середовища і несе антифриз (гліколь або 30% етиловий або метиловий спирт), насоса системи опалення та внутрішнього насосного контуру, що несе холодоагент (фреон) систем автоматичного регулювання та контуру системи опалення приміщення. Під час встановлення необхідно підключити ряд трубопроводів – контури колектора та опалення, гарячу та холодну воду. Пристрій займає мало місця, має приємний зовнішній вигляд, що нагадує холодильник. Щодо рівня шуму – роботу установки можна порівняти з роботою побутового холодильника. При виробництві установки використовуються перевірені роками схемні рішення і можна вважати, що така котельня зібрана в заводських умовах, підтверджених сертифікатом ISO 9001. Схема роботи теплового насоса представлена на рисунку 2.10.

У багатьох моделях теплових насосів встановлений додатковий електронагрівач для підігріву в дні різкого похолодання, які не так часто бувають. При проектуванні опалювальної системи потужність теплового насоса розраховується з максимальної потреби тепла, тобто. для покриття теплового навантаження у найхолодніший зимовий день.

Потрібні вимоги до джерела енергії. Джерелом енергії може бути ґрунт, скельна порода, озеро, повітря (для спеціальних моделей), взагалі будь-яке джерело тепла з температурою плюс 1 градус Цельсія і вище, доступне в зимовий час. Це може бути річка, море, стічні води, вихід теплого повітря із системи вентиляції або димових труб, а також система охолодження будь-якого промислового обладнання. Зовнішній контур, що збирає тепло

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

навколишнього середовища, є поліетиленовим трубопроводом, покладеним у землю або у воду.

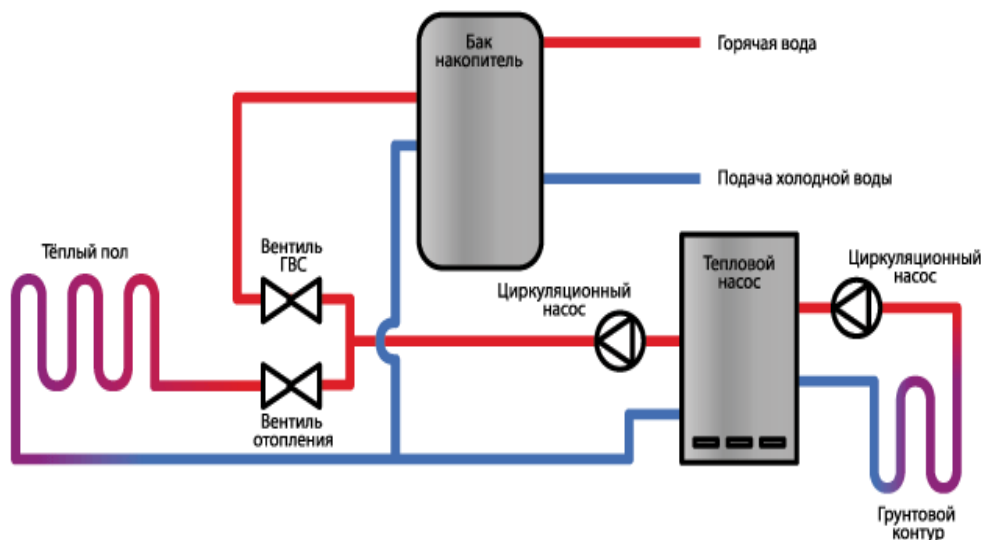


Рисунок 2.10 – Схема роботи теплового насосу

Переваги використання теплових насосів полягають у наступному:

- компактні розміри опалювальної установки (розміри теплового насоса, що часто не перевищують розмірів побутового холодильника);
- термін служби теплового насоса до капітального ремонту становить 10-15 опалювальних сезонів, а термін служби решти обладнання – 20-50 років;
- можливість перемикання з режиму опалення взимку на режим кондиціонування влітку: замість радіаторів до зовнішнього колектора підключаються фен-койли;
- безпека, яка обумовлена відсутністю відкритого вогню та продуктів горіння (теплові насоси вибухо та пожежобезпечні);
- екологічно чиста технологія виробництва теплової енергії (у теплових насосах використовується озонобезпечний вид фреону);
- надійна автоматична робота системи опалення, що не потребує постійного контролю;
- комфорт. Відсутність неприємних запахів рідкого палива та сміття

від використання твердого палива, відсутність димових труб.

Технологія дозволяє виробляти 2,5-5 кВт теплової енергії у разі витрати 1 кВт електроенергії. Тобто. ефективність (чи умовний ККД) системи становить 250-500 % проти традиційним перетворенням електроенергії на теплову. Економія енергетичних ресурсів сягає 70%.

При цьому важливо розуміти, що тепловтрати в приміщенні, що обігрівається, не повинні становити більше 100 Вт/м² площі.

У таблиці 2.15 показані приблизні дані залежності площі приміщення та параметрів обладнання.

Таблиця 2.15 – Дані залежності площі приміщення та параметрів обладнання

Опалювана площа, м ²	Потужність Теплового насоса, кВт/споживана потужність, кВт та вартість (грн.)	Довжина зовнішнього колектора, п.м. та ціна шлангів (грн.)	Альтернативне джерело тепла та вартість монтажу		
			Свердловина глибина, (м) та вартість монтажу (грн.)	Земляний колектор, довжина, (М) та вартість монтажу (тис. грн.)	Роботи та пусконалагодження, грн.
80 – 120	4,5/1,5 (210000)	140 (10000)	60 (108000)	250(250)	180000
130 - 180	6,0/1,7 (250000)	200 (14000)	90 (162000)	350(350)	210000
200 – 250	8,0/2,8 (350000)	240 (17000)	110 (190000)	450(450)	250000

У нашому об'єкті нами буде використано ґрунтовий теплонасос (геотермальний) вертикального розташування у вигляді свердловини. При використанні джерела тепла скелястої породи трубопровід опускається в свердловину глибину. З геотермальної свердловини теплоносії подається на теплообмінник (випарник), де у внутрішньому контурі ТНУ відбувається кипіння фреону з поглинанням великої кількості тепла та перехід його з рідкого в газоподібний стан. Далі фреон потрапляє до компресора, де відбувається стиск. За законом збереження енергії, при зменшенні обсягу збільшується тиск і температура на виході з компресора, яка в конденсаторі (теплообмінник опалювального контуру) передається теплоносія в контур

опалення та ГВП. Передавши поглинене під час кипіння тепло, фреон надходить через розширювальний клапан, на випарник і цикл повторюється знову. Для теплового насоса потужністю 10 кВт потрібна свердловина глибиною 170-190 м. Не обов'язково використовувати одну глибоку свердловину, можна пробурити кілька неглибоких, більш дешевих свердловин через 10-20 м один від одного, не на одній лінії течії ґрунтових вод. Необхідно отримати загальну розрахункову глибину, на якій трубопровід перебуватиме у ґрунтових водах. Мінімальна тепловіддача від 1 погонного метра свердловини становить 50-60 кВт-год теплової енергії на рік.

Для будинку обраний тепловий насос марки Mammoth, 3 в 1, L024WHE-BLA/CS, 1,53 м³/год. Коротка характеристика даного теплонасосу:

- теплові насоси Mammoth, 3 в 1 має різноманітні варіанти монтажу в комбінаціях, що використовують бойлер/драйкулер, а також геотермальному використанні із застосуванням ґрунтових стічних вод або землі, як джерела тепла. фреон R 410A, що застосовується в них, є екологічно безпечним;
- корпус виготовлений із гальванізованої сталі G-60. Ізоляція корпусу товщиною 15 мм, щільність ізолюючого матеріалу 48 кг м.куб. Днище ізольоване тим же матеріалом для запобігання конденсації та зниження шумових характеристик;
- фреоновий контур включає герметичний компресор, трьох зварних пластинчастих теплообмінників фреон-вода, терморозширювального вентиля, впускних вентилів, реверсивного вентиля і контрольно-захисних пристроїв. Високоєфективні пластинчасті теплообмінники виготовлені з нержавіючої сталі і мають високі антикорозійні характеристики;
- підключення насосів. Система передбачає підключення трьох насосів;

Як видно з таблиці 2.15 для обігріву нашого будинку, достатньо споживання електроенергії теплонасосом потужності, що дорівнює 1,5 кВт. Вся система теплонасоса в результаті обійдеться в 508 тис. грн, включаючи все обладнання.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До теплонасосу ми підключимо систему теплої підлоги для опалення будинку. Марка теплої підлоги ArnoldRak, виробництво Німеччина. Тепла підлога ArnoldRak є двожильним нагрівальним матом, який дуже зручний при монтажі, т.к. другий кінець кабелю теплої підлоги не потрібно тягнути назад до терморегулятора. Підключається тепла підлога лише з одного боку. Це найтонший (діаметр всього 2 мм) двожильний екранований кабель з одностороннім підключенням на скловолоконній сітці (мате). Ізоляція – тефлон. Повногранний екран з лудної міді. Робоча напруга 220-230 V. Холодні дроти підключення від 2 до 3 метрів. Ширина мату 50 см, довжина від 2 до 26 м. Потужність 160 Вт/м². Призначений для укладання підлогу під плитку без формування бетонної стяжки. Тепла підлога повністю безпечна у застосуванні, як у сухому, так і у вологому приміщенні.

Опалювана площа будинку дорівнює $S=108,5 \text{ м}^2$, їх 12 м² становить північний бік стіни будинку.

Вартість 10 м² теплої підлоги ArnoldRak складає 13 000 грн. Загальна сума витрат за теплу підлогу становитиме 141 050 грн.

Загальна сума витрат на забезпечення будинку опаленням складе 649 050 грн.

2.8 Автономність досліджуваного об'єкта

«Автономний будинок» – це «енергонезалежний будинок», «розумний будинок» із системою життєзабезпечення замкнутого циклу.

Принципи проектування "автономного будинку":

- будинок є «енергонезалежним будинком»;
- в будинку є система життєзабезпечення замкнутого циклу.

Автономний будинок має керуватися комп'ютерною системою, тобто. вся система життєзабезпечення будинку має бути запрограмована. В ідеалі – власник такого будинку може прожити без зовнішніх комунікацій та спілкування із «зовнішнім» (поза будинком) світом.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

Система «розумний дім» - це високотехнологічна система, що дозволяє об'єднати всі комунікації в одну і поставити її під управління штучного інтелекту, що програмується та настроюється під усі потреби та побажання господаря. Опалення, освітлення, водогін, сигналізація – все це можна підпорядкувати централізованому контролю за допомогою системи «розумний дім».

«Розумний будинок» – єдина система управління в будинку, офісі, квартирі або будівлі, що включає датчики, керуючі елементи і виконавчі пристрої. Керуючі елементи приймають сигнали з датчиків та контролюють роботу виконавчих пристроїв, діючи згідно з заданими алгоритмами. Сучасний «розумний дім» поєднує такі системи:

- опалення будинку (за допомогою радіаторів або теплої підлоги);
- вентиляція та кондиціонування;
- охоронна та охоронно-пожежна сигналізація;
- система контролю доступу;
- контроль аварійних ситуацій: витікання води, газу, аварії в електромережі;
- відеоспостереження (локальне та віддалене);
- мережі зв'язку (інтерком, телефонія, комп'ютерні локальні мережі та інтернет);
- управління внутрішнім та вуличним освітленням;
- управління розподілом відео та аудіопотоків та по приміщеннях (мультирум);
- управління обігрівом зливової каналізації, сходів та доріжок;
- контроль над енергоспоживанням, обмеження пікових навантажень та розподіл навантажень по фазах мережі живлення;
- управління джерелами резервного електроживлення: акумуляторними ДБЖ та дизель-генераторами;
- управління каналізаційних насосних станцій та систем автополиву зелених територій;

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- управління воротами та шлагбаумами;
- управління шторами, рольставнями та жалюзі;
- контроль ліфтів та ескалаторів;
- віддалений моніторинг та керування всіма системами будинку через інтернет.

– «Розумний дім» являє собою сукупність датчиків, детекторів, сповіщувачів, вимикачів та кнопок, електроклапанів, реле, контролерів, різних виконавчих механізмів та пристроїв керування (пульти дистанційного керування, кишеньковий або персональний комп'ютер, мобільний телефон, сенсорний екран). Між собою пристрої можуть бути пов'язані за допомогою слаботочних та силових кабелів, а також радіоканалу.

За типом топології система може бути кількох типів:

- розподілена система. Системи такого типу з'явилися на ринку першими. Система складається із зв'язаних між собою автономних елементів введення та виведення, пов'язаних загальною шиною, радіоканалом або електромережею. Найбільш відомі системи такого типу: ModBus, X10, LonWorks, EIB, C-Bus та інші. Перевага такого підходу у легкій розширюваності системи, брак обмежених можливостей та вищої вартості;

- централізована система. Така система складається з контрольної панелі, що керує безліччю виконавчих та сповіщальних пристроїв, кожен з яких пов'язаний з контрольною панеллю кабелем або радіоканалом. Переваги системи у практично необмежених можливостях та легкості програмування;

- частково централізована система. При цьому контрольні блоки керують пристроями однієї зони, наприклад, кімнати або поверху. Самі блоки при цьому пов'язані між собою і допускають централізоване управління та програмування.

Контролери, датчики, проводи та виконавчі пристрої заховані у стінах будинку та керують процесами електропостачання, опалення, освітлення, вентиляції, створюючи комфортне середовище для господаря за його мінімальної участі. Елементи освітлення самі змінюють яскравість залежно від

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

часу доби та місцезнаходження людини, вентиляція та тепла підлога забезпечують максимальний комфорт, системи керування енергоспоживанням будинку автоматично перерозподіляють навантаження відповідно до програми.

У нашому об'єкті будемо використовувати систему автономного будинку «Micros+». За встановленням цієї системи займається компанія міста Оренбурга «Точка комфорту», що використовує бельгійську техніку «Micros+» (компанії Teletask).

Компанія Teletask (Бельгія) – виробник обладнання системи домашньої автоматизації (СДА), яка існує на світовому ринку вже 30 років. Компанія, на відміну від інших фірм, що виробляють обладнання для систем Розумний дім, спочатку розробляла системи домашньої автоматизації. Головний офіс компанії та виробництво знаходиться у Бельгії (у місті Гент). На російському ринку компанія Teletask представляє проект "Micros+".

"Micros+" - це друге покоління модулів Micros. Перше покоління цих пристроїв випускалося з 1996 до 2005 року. "Micros+" почали випускати з 2006 року. Під час його розробки були враховані всі нюанси та досвід експлуатації попереднього модуля Micros.

Для реалізації системи «Розумний дім до Micros+» підключаються різні навантаження, датчики та інженерні системи. Також до нього підключаються пристрої керування: від звичайних вимикачів до сенсорних екранів та комп'ютера. Управління системою Розумний будинок на базі Micros+ може здійснюватися за допомогою iPhone, iPad, Smartphone.

Система Розумний будинок на базі модуля Micros+ дозволяє:

- керувати світлом, опаленням та теплими підлогами, вентиляцією та кондиціонуванням, шторами та жалюзі, воротами та хвірткою, поливом, системою антизледеніння, запуском генератора та іншими інженерними системами та електричними навантаженнями;
- контролювати та запобігати аварійним ситуаціям, пов'язаним з протіканнями, відключенням електропостачання, аварією котла, стежити за

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

рівнем палива в баку резервного генератора тощо;

- здійснювати функцію охоронної сигналізації;
- керувати аудіо/відео технікою та системою Мультирум;
- програмувати систему Розумний дім під свої бажання;
- економити кошти під час експлуатації замиського будинку та квартири;
- створювати комфортні, зручні для життя сценарії для себе та своєї сім'ї.

Модуль Micros+ може встановлюватися в будинок як індивідуально, так і як центральний модуль системи Teletask. Він є модулем, до якого можна підключати інші пристрої системи "Розумний дім", що виробляються компанією Teletask. У єдиному корпусі "Micros+" поєднує чудовий функціонал, який дозволяє створити комфорт у будинку. «Micros+» зручний у монтажі, налаштуванні та програмуванні.

При індивідуальній установці в замиський будинок функціоналу Micros + може вистачити додому до 120-150 м².

При використанні «Micros+» як центрального елемента до існуючого функціоналу додається будь-який набір функцій. І тут «Micros+» може встановлюватися у котеджі площею до 650-700м².

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ З ДРУГОГО РОЗДІЛУ

Сонячних та вітрових ресурсів у нашому регіоні цілком достатньо, щоб активно використовувати альтернативну енергетику. Загальна тривалість сонячного саява становить 2198 годин, а середньому протягом року 73 дні без сонця. Середня швидкість вітру дорівнює 5,5 м/с, а рік 45 безвітряних днів.

Будинок довгастиий, довгою стороною орієнтований на захід-схід, має зміщений схил, звернений на південь, і розташовується не перпендикулярно південь (північ), а під кутом, щоб вітри зі східної сторони не врізалися в стіну, а обтікали її. Площа будинку $S = 122 \text{ м}^2$.

Схил, звернений на південний бік, відіграє важливу роль в енергобалансі будинку і дозволяє акумулювати енергію сонця завдяки стратегічно розташованим мансардним вікнам, сонячним батареям і колекторам. Всі вікна оснащені сонцезахисними елементами (маркізетами), які при відкритті збільшують освітлення та обігрів, або при закритті запобігають перегріву.

Нами розглянуті сонячні батареї марки Exmork 230Вт 24В Mono, що складається з монокристалічних кремнієвих модулів. Розглянуто схему роботи сонячних батарей.

Пріоритетними завданнями є як енергозбереження (економічність), а збалансоване використання природних ресурсів і зменшення шкідливих впливів на довкілля.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

З ЕКОЛОГІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ БУДІВНИЦТВА ЕКОДОМУ

Актуальність теми. Глобальні та локальні катастрофи, руйнівні катаклізми, що відбуваються останнім часом у дедалі більшому масштабі, є, що вже тепер ясно як вченим, так і простим людям, наслідком руйнівного, технократизованого способу життя людей. Причому багато фактів про ці процеси, приховані раніше, останнім часом дедалі частіше з'являються у засобах масової інформації. Відкритим текстом говорять і пишуть про загальне потепління клімату, що веде до підвищення рівня Світового океану, що незабаром може призвести до потопу, подібного до тих, що відбувалися в давнину, і викликано це різким збільшенням викидів в атмосферу вуглекислого газу, які зростають на 1-2% кожні 10 років. Повітря отруєно токсичними продуктами індустріальної діяльності людини (усім відомий зміг) настільки, що у багатьох містах просто нема чим дихати. Відбувається різке скорочення лісових запасів, легких нашої планети внаслідок хижацької вирубки та загибелі через несприятливі умови існування. В наявності різке виснаження та ерозія ґрунту через індустріальні, інтенсивні методи обробки, такі як глибока оранка, масове використання мінеральних добрив і отрутохімікатів, бездумна іригація.

Стратегічними цілями використання відновлюваних джерел енергії та місцевих видів палива є:

- скорочення споживання невідновлюваних паливно-енергетичних ресурсів;
- зниження екологічного навантаження від паливно-енергетичного комплексу;
- енергозабезпечення децентралізованих споживачів та регіонів з далеким сезонним завезенням палива.

Будівельний та житлово-комунальний сектори надають потужний негативний вплив на природне середовище. За даними Центру ООН із населених пунктів використання деревини у житловому будівництві становить

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

25 % від загального її споживання, каменю, піску, гравію – 40 %, прісної води – 16 %, енергії – 40 %. Викиди в атмосферу оксидів сірки та вуглекислого газу від експлуатації житла становлять 70% та 50% відповідно. Однак при використанні традиційних та сучасних екологічних технологій будинки може не тільки не порушувати балансу у навколишньому середовищі, а й сприяти його відновленню.

Про ефективність застосування інженерних технологій можуть говорити такі цифри. За даними лабораторії, нетрадиційної енергетики ІМПТ ДВО РАН, які ми використовуємо, повинні забезпечити зниження викидів в атмосферу (у порівнянні житловим будинком порівнянних розмірів і традиційною системою опалення):

- до 5700 кг CO₂, до 185 кг SO₂, до 17,5 кг NO₂, до 17580 кг забруднених димових газів на рік;
- знизити споживання атмосферного кисню до 3690 кг на рік;
- зменшити кількість відходів до 1325 кг золи на рік.

Актуальність переходу на масове екологічне домобудування обумовлена гострою нестачею житла та високим темпом зростання цін на енергоносії. Житлово-комунальний сектор, будучи одним із основних джерел забруднення атмосфери та підземних вод, створює велику кількість побутового сміття, згубно впливає на екологічну обстановку у місті.

Екологічні проблеми та дефіцит енергії вимагають нових рішень в архітектурі малоповерхового житлового будинку. Вкладом архітектури на захист навколишнього середовища є створення будівель, які б зменшували витрати енергії на опалення, гарячу воду, електричний струм із традиційних джерел енергії. Це можливо завдяки кращій теплоізоляції будівель, оптимізації технічних процесів, застосування енергозберігаючих рішень при проектуванні будівель, оснащення будівель приладами з уловлювання енергії від поновлюваних джерел та їх подальшої переробки для споживача.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						89
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

На думку Європейської Асоціації Фотовольтаїки* (EPIA), до 2020 року вартість електроенергії, що виробляється «сонячними» системами, знизиться до рівня менше 0,10 € за кВт/год для промислових установок і менше 0,15 € за кВт/год для установок у житлових будинках. Згідно з прогнозом EPIA, до 2030 р. сонячні батареї будуть виробляти до 2646 ТВт електроенергії, задовольняючи від 8.9 до 13.8% світових потреб. Річний обсяг ринку фотовольтаїки досягне €454 млрд. До 2025 року, завдяки фотоенергетиці, буде скорочено викиди у навколишнє середовище на 353 млн. тонн. Цей показник еквівалентний обсягу викидів в Австралії та Новій Зеландії, або 150 вугільних електростанцій [6].

«Сонячні» технології знаходять нині застосування у різних сферах життя та діяльності людей. У тому числі в галузі створення клімату. Мова не про глобальний клімат на планеті, хоча і тут екологічно чиста сонячна енергетика не завдає жодної шкоди: викидів забруднюючих речовин, руйнування озонового шару. Мова все ж таки про клімат в окремо взятій квартирі, будинку, офісі. З 2012 року найбільший світовий виробник кліматичної техніки – GD MideaHoldingCo., Ltd (бренд MDV) – почне постачання в нашу країну своїх нових спліт-систем Solarpower DC-Inverter.

Вартість всіх систем:

- вартість сонячних модулів Exmork 230Вт 24В Mono: 145200 грн;
- вартість контролера заряду марки CQ2450, 3 штуки: 19200 грн;
- вартість інвертора марки Hefei 1 кВт 24В; 2 штуки: 30 000 грн;
- вартість акумуляторних батарей марки HZY24-200, 2 шт.: 38400 грн.
- разом: 232800 грн.

Розрахунок проведено за умови, що всі електроприлади та

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

електроосвітлення підключені до джерела одночасно та безперебійно забезпечуються живленням. Після зменшення коефіцієнта використання електроприладів (Кісп) та заміни енергозберігаючих ламп на світлодіодні, вартість усіх систем стала дешевшою в 2 рази.

Проведемо розрахунок платежу за енергоспоживання на рік, житловим будинком за відсутності сонячних батарей. Наші дані мають такі значення: $W_{\text{факт}} / \text{рік} = 21870 \text{ кВт} / \text{рік}$, $1 \text{ кВт} = 1,7 \text{ грн}$. Перемноживши ці значення, знайдемо платіж за електроенергію, спожиту протягом року. $P_{\text{год}} = 43740 \text{ грн/рік}$. Отримавши цей результат можна знайти термін окупності ($O_{\text{ср.}}$) всієї сонячної системи, що використовується для вироблення електричної енергії, розділивши підсумкову суму всіх систем на плату за електроенергію за рік:

$$O_{\text{ср.}} = 232800 \div 43740 = 5,32 \text{ року}$$

З розрахунків видно, що найбільше сонячних колекторів знадобиться в грудні, 9 штук. Однак така велика кількість колекторів у літній час не знадобиться, наприклад, у травні із сонячною радіацією в $5,85 \text{ кВт/м}^2$ нам знадобиться лише один колектор для нагрівання 50 літрів води. Тому для зимового періоду можна взяти середню кількість сонячних колекторів (приблизно 7 штук), а в літній період використовувати лише один колектор (з травня до серпня).

Розглянемо вартість всієї установки сонячного колектора у зимовий період, т.к. максимальна кількість колекторів, що використовуються, припадає саме в цей період.

Ціна одного сонячного колектора – 15800 грн. Нам знадобляться 7 штук, що становить 110600 грн.

Контролер у зборі коштує – 6000 грн. Система автоматичного керування сонячними колекторами.

Накопичувальний бак марки SR100/1 (100 л), ціна – 20 570 грн.

Насосна робоча станція для циркуляції рідини у системі сонячного колектора непрямого нагріву. Ціна - 14 500 грн.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Усього система обійдеться 151 670 грн.

Для обігріву нашого будинку достатньо споживання електроенергії теплонасосом потужності, що дорівнює 1,5 кВт. Вся система теплонасоса в результаті обійдеться в 508 тис. грн., включаючи все обладнання.

До теплонасосу ми підключимо систему теплої підлоги для опалення будинку. Марка теплої підлоги ArnoldRak, виробництво Німеччина. Тепла підлога ArnoldRak є двожильним нагрівальним матом, який дуже зручний при монтажі, т.к. другий кінець кабелю теплої підлоги не потрібно тягнути назад до терморегулятора. Підключається тепла підлога лише з одного боку. Це найтонший (діаметр всього 2 мм) двожильний екранований кабель з одностороннім підключенням на скловолоконній сітці (мате). Ізоляція – тефлон. Повногранний екран з лудної міді. Робоча напруга 220-230 V. Холодні дроти підключення від 2 до 3 метрів. Ширина мату 50 см, довжина від 2 до 26 м. Потужність 160 Вт/м². Призначений для укладання підлогу під плитку без формування бетонної стяжки. Тепла підлога повністю безпечна у застосуванні, як у сухому, так і у вологому приміщенні.

Опалювана площа будинку дорівнює $S=108,5 \text{ м}^2$, їх 12 м² становить північний бік стіни будинку.

Вартість 10 м² теплої підлоги ArnoldRak складає 13 000 грн. Загальна сума витрат на теплу підлогу становитиме 141 050 грн.

Загальна сума витрат на повне забезпечення будинку опаленням складатиме 649 050 грн.

Розглянемо вартість автоматизації нашого об'єкту. Вартість введення системи розумного будинку компанії «Крапка комфорту» для 1 м² складає в середньому 4800 грн. Для нашого об'єкта, що досліджується, площею 122 м² вартість установки системи автоматизації «Micros+» складе 585 600 грн.

Тепер проведемо економічну та екологічну оцінку використання альтернативних джерел енергії у досліджуваному проекті житлового будинку. І дамо екологічне обґрунтування використання альтернативних джерел енергії під час проектування житлового будинку.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

З економічного погляду будівельні та інженерно-технічні витрати становили 2 964 820 грн, які видно з таблиці 2.16.

Таблиці 3.5 - Загальні витрати на будівництво об'єкту

Основне найменування будівельних та інженерно-технічних витрат	Сума витрат, грн.
Будівництво фундаменту	92 500
Будівництво огорожувальних конструкцій (каркас будинку)	1 220 000
Загальна система сонячних панелей	232 000
Загальна система сонячних колекторів	151 670
Загальна система вітряного генератора	34 000
Загальна система опалення (теплонасос та тепла підлога)	649 050
Автономність будинку	585 600
Разом	2 964 820

Без ведених інженерних систем будинок коштував би нам 2,26 рази дешевше, тобто. на 1652320 грн.

Для економічної оцінки проведемо розрахунок терміну окупності нашого об'єкта.

Розрахуємо річні витрати традиційного будинку. Для цього треба розрахувати річну плату за енергоспоживання та опалення.

– енергоспоживання. У нашому випадку такий будинок площею 122 м² споживає 21 870 кВт/рік, але також треба врахувати, що гаряче водопостачання здійснюється електротяглом і тому для традиційного будинку енергоспоживання зросте приблизно на 7800 кВт/рік, тому що на 1000 кВт/год. у нашому досліджуваному об'єкті гаряче водопостачання здійснюється сонячними колекторами та частково теплонасосом. Через війну електроспоживання становить $W_{\text{фак/год}} = 29\,670$ кВт/год. Плата за рік складе $P_{\text{год}} = 59\,340$ грн;

– опалення. Опалювана площа становить приблизно 100 м². У таблиці 3.6 показано витрату опалення приміщення площею 100 м², газового опалення. Таблиця запозичена з електронного ресурсу компанії Pellet&BriquetteMachine.

Таблиця 3.6 - Витрати на опалення приміщення площею 100 м²

Паливо	Qтоп, кВт·год / кг	ККД	Витрата палива, (тонн / Сезон)	Витрата палива, (тонн /місяць)	Вартість опалення, (грн./сезон)	Середня вартість опалення в місяць (грн./міс.)
Газ (пропан)	26	0,9	1,034	0,148	42 045	6006

Загальна плата за енергоспоживання та опалення в традиційному будинку складе $P_{\text{заг.}} = 101385$ грн.

Оскільки витрати на всі інженерні системи становлять 1652320 грн, то в нашому випадку термін окупності досліджуваного об'єкта складе:

$$O_{\text{ср.}} = \frac{1652320}{101385} = 16,29 \approx 16 \text{ років}$$

У результаті можна дійти невтішного висновку про великому терміні окупності інженерних систем. І це, перш за все, пов'язане із системою теплонасоса, встановлення якої становить приблизно 650 тисяч грн., але термін служби теплонасоса приблизно 100 років, заміни піддаватиметься лише компресор (приблизно раз на 15 років). Використання інженерних систем на думку з економічної погляду однаково виглядає вигідним, т.к. з кожним роком зростають ціни на енергоресурси, тобто. плата тільки зростатиме. А навпаки ціни на інженерні системи, що використовують альтернативні джерела енергії, зменшуватиметься.

Провівши економічну та екологічну оцінку, можна зробити наступний висновок:

– з економічної точки зору, після включення до нашого досліджуваного об'єкта всіх інженерних систем, термін окупності нашого

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

будинку склав 16 років, що не дуже виглядає на тлі економічності енергонезалежних будинків. Однак це слід дивитися оптимістично, т.к. ціни на енергію і ресурси зростатимуть, а вартість інженерних систем зменшуватиметься в нашому ринку, що швидко розвивається і конкурує. Також слід зазначити, що в нашому проєкті ми пропонуємо комплексно використовувати всю інженерну систему, яка використовує альтернативні джерела енергії, плюс включаємо систему розумного будинку, який є не дешевою розкішшю (близько 600 000 грн).

– з екологічної погляду, тут можна сказати результати в наявності. Весь будинок майже незалежний від навколишнього світу, він повністю автономен, усіма енергоресурсами та теплом він забезпечує себе сам. У цьому нічого очікувати відбуватися ніяких шкідливих викидів у довкілля, т.к. будинок не використовує природний газ, електрикою забезпечують вітрогенератори та сонячні батареї, а не відбувається видобуток і спалювання природних ресурсів для забезпечення будинку енергією. Також в екологічному будинку здоровий мікроклімат, який забезпечується системою розумного будинку та раціонального використання конструкції будівлі. Підбивши підсумки можна сказати, що за екологічними (енергонезалежними, автономними) будинками, майбутнє нашого регіону, не лише регіону, а країни та планети загалом. Тому що саме такими шляхами розвитку можна досягти балансу, гармонії з довкіллям.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

ВИСНОВКИ

Сонячних та вітрових ресурсів у нашому регіоні цілком достатньо, щоб активно використовувати альтернативну енергетику. Загальна тривалість сонячного саява становить 2198 годин, а середньому протягом року 73 дні без сонця. Середня швидкість вітру дорівнює 5,5 м/с, а рік 45 безвітряних днів.

Будинок довгастих, довгою стороною орієнтований на захід-схід, має зміщений схил, звернений на південь, і розташовується не перпендикулярно південь (північ), а під кутом, щоб вітри зі східної сторони не врізалися в стіну, а обтікали її. Площа будинку $S = 122 \text{ м}^2$.

Схил, звернений на південний бік, відіграє важливу роль в енергобалансі будинку і дозволяє акумулювати енергію сонця завдяки стратегічно розташованим мансардним вікнам, сонячним батареям і колекторам. Всі вікна оснащені сонцезахисними елементами (маркізетами), які при відкритті збільшують освітлення та обігрів, або при закритті запобігають перегріву.

Фундамент нашого об'єкта є залізобетонним фундаментом у вигляді плити. Вартість будівництва фундаменту нашого об'єкту складає 75 000 грн.

Розрахунки та витрати на сонячні батареї.

Нами розглянуті сонячні батареї марки Exmork 230Вт 24В Mono, що складається з монокристалічних кремнієвих модулів. Розглянуто схему роботи сонячних батарей.

Розрахунки проведено двома способами.

– У першому випадку результати показали, що при використанні максимального значення коефіцієнта використання енергії та енергозберігаючих ламп витрати на сонячні панелі високі (464 600 грн), також кількість сонячних панелей теж (25 шт).

– у другому результати показали зменшення витрат на сонячні панелі у 2 рази. Коефіцієнт використання енергії було зменшено та енергозберігаючі лампи замінені на світлодіодні. У результаті витрати на сонячні батареї дорівнюють 232 800 грн, а сонячних панелей стало 11 штук

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(16,5 м²).

Розрахунки та витрати на вітрогенератори. Розглянуто систему роботи вітрогенератора.

Нами обрано вітрогенератор марки Exmork 750. Для нашого об'єкту використовується один вітрогенератор. Розрахунок показав, що на рік даний вітрогенератор забезпечує електроенергією 8% споживачів залежно від потужності споживання енергії, до них можна майже віднести всю побутову техніку та освітлення, крім електроплити, пральної машини та холодильника. Вітрогенератор обійдеться в 34 000 грн.

Сонячні колектори в нашому об'єкті використовуються для постачання гарячої води. Розглянуто види колекторів та схему водонагрівальної сонячної установки. У нашому проекті використовується вакуумний колектор з темотрубками марки ES58-1800-15R4, який працює цілий рік.

Розрахунки проведено для зимового періоду (з листопада до лютого), т.к. у цей період найменші показники щодо сонячної інсоляції. У підсумку для нашого об'єкта в зимовий період досить 7 штук сонячних колекторів, на що буде витрачено, з урахуванням усіх обладнання, 151670 грн. Однак рекомендується ще поставити додатково водогрійний котел для підстрахування в зимовий період. А в літній період (з травня до серпня) достатньо використання одного колектора.

Останньою розглянутою нами системою став теплонасос. Система теплонасосу в нашому будинку використовується для опалення та часткового гарячого водопостачання, розглянуто схему та роботу теплонасосів, та визначено тип теплонасосу, ґрунтовий теплонасос (геотермальний) вертикального розташування у вигляді свердловини.

Для будинку вибраний тепловий насос марки Mammoth,3 в 1, L024WHE-BLA/CS. Для обігріву нашого будинку достатньо споживання електроенергії теплонасосом потужності, що дорівнює 1,5 кВт. Вся система теплонасоса в результаті обійдеться в 508 тисяч грн, включаючи все обладнання.

До теплонасосу підключається система теплої підлоги для опалення

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

будинку марки ArnoldRak, виробництво Німеччина. Отоплювана площа будинку дорівнює $S = 108,5 \text{ м}^2$, їх 12 м^2 становить північний бік стіни будинку. Загальна сума витрат за теплу підлогу становитиме 141 050 грн.

У результаті витрати на забезпечення будинку опаленням становитимуть 649 050 грн. Витрати більші порівняно з іншими системами, але цілком виправдані:

- по-перше, теплонасос має великий термін служби (не менше 20 років);
- по-друге, ККД теплонасосів 150-200%, вони використовують 80% одержуваної енергії, нам доведеться платити за 20%, що залишилися, які в нашому випадку виправдають сонячні панелі.

Економічна оцінка показала, що термін окупності об'єкта, що досліджується, велика, становить 16 років. Термін окупності пов'язані з великими витратами на теплонасоси (649 050 грн.) і підключенням системи розумного будинку (585 600 грн.).

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Сиворакша В.Ю., Марков В.П., Петров Б.Є. та ін. Теплові розрахунки геліосистем. Моногр. — Д.: Вид-во Дніпропетр. ун-ту, 2003. — 132 с.
- 2 Опис клімату Одеса — електронний ресурс — точка доступу: <http://www.meteorprog.ua/ua/climate/Odesa/>
- 3 Рабінович М.Д. Розрахунок установок сонячного гарячого водопостачання / М.Д. Рабінович. — Київ: КНУБА, 2004. — 24с.
- 4 Трофименко А.В. Методичні вказівки до розрахунку сонячного колектора / А.В. Трофименко. — Д.: ДНУ, 2006. -24с.
- 5 Сиворакша В.Ю. Теплові розрахунки геліосистем: монографія / В.Ю.Сиворакша,. В.Л.Марков, Б.Е.Петров, Золотько К.Є. — ДНУ, НДІ енергетики. — Д.,. 2003. — 124 с.
- 6 Енергозбереження. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії. Колектори сонячні плоскі. Методи випробувань : ДСТУ 4034-2001(ГОСТ 30757-2001) — [Чинний від 2002-01-01]. -К:Держстандарт України, 2001. -32с.: табл.. — (Національні стандарти України).
- 7 Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель : ДБН 2.6.31-2006 — [Чинний від 2007-01-01]. -К:Держстандарт України, 2006. -72с.: табл. — (Національні стандарти України).
- 8 Щільність, температура замерзання, теплоємність Ср, теплопровідність, водяного розчину пропіленгліколю [електронний ресурс].—режим доступу:<http://www.dpva.info/Guide/GuideMedias/Antifreeze/PEGwaterProperties/>
- 9 ТЕПЛОВА ІЗОЛЯЦІЯ БУДІВЕЛЬ: ДБН В.2.6-31:2006) — [Чинний від 09.09.2006 р.]. - К: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства УКРАЇНИ
- 10 Мітіна І.В. Підвищення ефективності сонячних колекторів із вакуумованими скло пакетами/ І.В. Мітіна: дис. К.т.н..- К. 2009.- 148 стор.
- 11 Теплопровідність керамзиту та піску [електронний ресурс]. — режим доступу: http://cementishe.com.ua/Teploprovodnost%27_keramzita_i_peska.html

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12 Акумулявання сонячної енергії для систем теплопостачання / В.Є. Сиворакша, В.Л. Марков, Б.Є. Петров, К.Є. Золотько// Проблеми високотемпературної техніки: Зб. наук. пр. – Д.:РВВ ДНУ, 2001.- с. 91-97.

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКІВ АВТОНОМНОГО БУДИНКУ

Таблиця 1 - Розрахунок кількості енергії, що виробляється фотоелементами

Марка сонячної батареї	Сумарне енергоспоживання будинку $W_{\text{сум}}$, кВт/рік	Кількість енергії за контрольний період, що виробляється фотоелементами $E_{\text{фе}}$, кВт/год.	Сумарне споживання за контрольний період $E_{\text{сум}}$, кВт/год.	Кількість сонячних панелей, прим.	Займана площа S , м ²	Загальна вартість, грн.
Ехmork 230Вт 24В Моно	21 870	4	44	11	16,5	232 000

Таблиця 2 - Розрахунок річного вироблення електроенергії вітрогенератором

Марка вітрогенератора	Площа, омітається вітроколесо $m A$, м ²	Потужність, що виробляється вітроустановкою P , Вт	Річний виробіток електроенергії W_{Γ} , кВт/год	Середньорічна забезпеченість електроенергією E_e , %	Вартість ВЕУ
Ехmork 750 Вт, 24	5,72	725,8	1722,65	8	34 000

Таблиця 3 – Розрахунок кількості енергії для нагрівання води сонячним колекторам та кількості сонячних колекторів.

Марка сонячного колектора	Період розрахунків	Температура приймальної поверхні ТП, 0К	Кількість питомої енергії $Q_{\text{в.уд.}}$, МДж /м ²	Кількість енергії для нагрівання води Q_i , МДж	Площа сонячного колектора ПСК, м ²	Кількість сонячних колекторів, прим.	Середня кількість колекторів, шт.	Загальна вартість сонячних колекторів, грн.
ES58-1800-15R4	Листопад	306	2,78	15,5	5,52	5	7	151 670
	грудень	303	1,64	16,76	10,22	9		
	Січень	301,5	2,08	17,58	8,35	7		
	Лютий	302	4,51	17,18	3,8	4		

Таблиця 4 - Розрахунок потужності теплового насоса та теплої підлоги

Марка теплонасоса та теплої підлоги	Опалювана площа, м ²	Потужність теплового насоса, кВт/споживана потужність, теплої підлоги, Вт/м ²	Альтернативне джерело тепла та вартість монтажу		Загальна вартість, грн.
			Свердловина глибина, (м)	Роботи та пуско-налагодження, грн.	
Mammoth L024WHE-BLA/CS	80 – 120	4,5/1,5	60	180000	508,000
ArnoldRak	108,5	160	-	-	141 050

ДОДАТОК Б
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА ПРОЄКТУ (ПРЕЗЕНТАЦІЯ)

					КРБ. АТЕРС.1.641-03.1.1	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		