

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ
КАФЕДРА ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ**

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Василь БУДЬКО
« ____ » _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

за освітньо-професійною програмою «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

на тему: «Система комбінованого енергозабезпечення приватного будинку за рахунок енергії сонячного випромінювання»

Виконав (-ла):

студент (-ка) II курсу, групи ЕД-21мп

Гокін Володимир Дмитрович _____

Науковий керівник:

Асистент

Коваленко Ірина Яківна _____

Рецензент:

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

Студент _____

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

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Василь БУДЬКО

«___» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Гокіну Володимирі Дмитровичу

1. Тема дисертації: «Система комбінованого енергозабезпечення приватного будинку за рахунок енергії сонячного випромінювання», науковий керівник дисертації Коваленко Ірина Яківна, асистент, затверджені наказом по університету від «03» листопада 2023 р. № 5131-с.
2. Термін подання студентом дисертації: «12» січня 2024 р.
3. Об'єкт дослідження: процес перетворення енергії сонячного випромінювання для енергозабезпечення приватного будинку.
4. Вихідні дані: розробити проєкт житлового будинку із застосуванням сонячних панелей та колекторів для забезпечення власного енергоживлення.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити:
 - а) розглянути основні поняття та загальну інформацію про те, що таке сонячна енергетика в цілому;
 - б) Ретельно розглянути актуальність теми цієї роботи, фізичні принципи роботи сонячних систем, які бувають сонячні панелі та колектори переваги та недоліки;

- в) Обрати місто для дослідження та параметри, що знадобляться для розрахунків;
- г) Зробити аналіз та провести розрахунки для мережевих сонячних електростанцій;
- г) Зробити розрахунки для колекторів, що будуть забезпечувати приватний будинок;
- д) Розробка стартапу виходячи з розрахунків окупності системи комбінованого енергозабезпечення будинку;
- е) Охорона праці.

6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу – 1 презентація.

7. Дата видачі завдання «01» вересня 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Робота з літературою і написання вступу	01.09.2023 – 15.09.2023	
2	Короткий огляд сонячних панелей	15.09.2023 – 25.09.2023	
3	Короткий огляд сонячних колекторів	25.09.2023 – 05.11.2023	
4	Розрахунок сонячних панелей та вибір обладнання	05.10.2023 – 05.11.2023	
5	Розрахунок сонячних колекторів та вибір обладнання	05.11.2023 – 05.12.2023	
6	Розробка стартап-проєкту	05.12.2023 – 13.12.2023	
7	Охорона праці	14.12.2023 – 24.12.2023	
8	Оформлення роботи і підготовка до захисту	24.12.2023 – 11.01.2024	

Студент

Володимир ГОКІН

Науковий керівник

Ірина КОВАЛЕНКО

Зміст:

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1	11
СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА: ПРОБЛЕМАТИКА, ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ, ТИПИ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ, СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ, ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В ЦІЛОМУ.	11
1.1 Проблема зростання енергетичних потреб та зміни клімату	12
1.1.1 Зростання енергетичних потреб	12
1.1.2 Зміна клімату	12
1.2 Фізичні принципи роботи сонячних систем.....	13
1.3 Фотовольтаїчні сонячні панелі.....	14
1.3.1 Монокристалічні сонячні панелі:.....	14
1.3.2 Полікристалічні сонячні панелі.....	15
1.3.3 Конфігурації ФВ систем.....	17
1.3.4 Розміщення ФВ систем	17
1.4 Сонячні колектори	17
1.4.1 Площинні колектори.....	17
1.4.2 Вакуумні трубчасті колектори.....	18
1.5 Системи накопичення енергії.....	20
1.6 Вибір та розміщення компонентів системи	20
1.7 Інвертори.....	22
1.8 Ефективність та продуктивність сонячних систем	23
1.9 Переваги та недоліки сонячної енергії	24
1.10 Висновки	25
РОЗДІЛ 2	27
ПРОЄКТУВАННЯ, РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ..	27
2.1 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ	28
2.1.1 Характеристика об'єкту	28
2.1.2 Характеристики та вихідні показники.....	28
2.2 Технологічна Частина.....	28
2.2.1 Розрахунок потреб теплоти на ГВП об'єкта.....	28
2.2.2 Розрахунок надходження сонячної радіації	29
2.3 Розрахунок та вибір обладнання УСГВ.....	34
2.3.1 Сонячний колектор	36
2.3.2 Теплообмінний апарат	37
2.3.3 Контролер.....	37
2.3.4 Розрахунки ТЕНу.....	38
2.3.5 Розрахунки циркуляційних насосів	39
2.3.6 Розширювальний бак.....	39
2.3.7 Запобіжний клапан	40
РОЗДІЛ 3.....	42
ПРОЄКТУВАННЯ, РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ	42

3.1 Місце розташування сонячної електростанції, кліматичні дані та енергоспоживання.....	43
3.2 Визначення оптимального кута нахилу панелей сонячної електростанції	46
3.3 Розрахунок сонячної радіації для м. Київ на похилу поверхню	49
протягом заданого робочого періоду	49
3.4 Вибір обладнання	53
3.4.1 Вибір сонячних панелей.....	53
3.4.2 Вибір Інвертора:	54
3.5 Розрахунок генерації фотоелектричної станції	55
3.6 Підбір кабеля	57
3.7 Підбір лічильника, що рахує електроенергію.....	61
РОЗДІЛ 4 СТАРТАП ПРОЕКТ	62
4.1 Основа стартапу	63
4.2 Практична частина стартапу опираючись на розрахунки дипломного проекту:	64
4.2.1 Розрахуємо вартість мережевої сонячної електростанції	64
4.2.2 Витрати на ремонт.....	64
4.2.3 Окупність проекту.....	65
4.2.4 Розрахунок вартості обладнання для СК	67
4.3 Висновок.....	68
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	69
Перелік використаних джерел	73
Додаток А.....	75
Додаток Б.....	77
Додаток В.....	82

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

СЕС – сонячна електростанція;

ФМ – фотоелектричний модуль;

СР – сонячна радіація;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

КЗ – коротке замикання;

ТЕН – трубчастий електронагрівач;

ГВП – гаряче водопостачання;

УСГВ – установка сонячного гарячого водопостачання;

СК – сонячний колектор.

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація складається з: аркушів - 86, таблиць – 34, рисунків –4, перелік посилань –16, креслень – 2 .

Метою цієї магістреської дисертації є визначення параметрів системи комбінованого енергозабезпечення приватного будинку за рахунок енергії сонячного випромінювання.

Об'єктом дослідження є процес перетворення енергії сонячного випромінювання для енергозабезпечення приватного будинку.

Предметом дослідження є параметри системи комбінованого енергозабезпечення приватного будинку шляхом використання енергії сонячного випромінювання.

Наукова новизна. Набув подальшого розвитку методом енергетичного забезпечення потреб приватного будинку за рахунок використання енергії сонячного випромінювання з врахуванням кліматичних умов розташованого об'єкта

Ключові слова: сонячні панелі, колектори, енергоефективність, екологічність.

ABSTRACT

The master's thesis consists of: sheets - 86, tables - 34, figures - 4, list of references - 16, drawings - 2.

The purpose of this master's thesis is to determine the parameters of the system of combined energy supply of a private house due to the energy of solar radiation.

The object of research is the process of converting the energy of solar radiation for the energy supply of a private house.

The subject of the research is the parameters of the system of combined energy supply of a private house by harvesting the energy of solar radiation.

Scientific novelty. Acquired further development by the method of energy provision of the needs of a private house due to the extraction of solar radiation energy, taking into account the climatic conditions of the located object

Keywords: solar panels, collectors, energy efficiency, environmental friendliness.

ВСТУП

Постійне зростання споживання енергії та зменшення запасів природних ресурсів ставлять під загрозу надходження енергії в майбутньому.

Відновлювані джерела світла – це джерела енергії, які не тільки витрачаються слабше, але й утворюються постійно у природних умовах. Одним із найбільш перспективних відновлювальних джерел є сонячна енергія, яка використовує сонячне випромінювання як джерело енергії для виробництва електрики та тепла.

Сонячна енергія – це джерело енергії, що надходить від Сонця. Кожну секунду Сонце випромінює величезну кількість енергії. Використання сонячної енергії є екологічно чистим та сталим рішенням забезпечення енергетичних потреб.

Система комбінованого енергозабезпечення приватного будинку за рахунок енергії сонячного випромінювання - це прогресивне рішення, яке поєднує використання сонячних панелей для збирання сонячної енергії та батареї для зберігання надлишкової енергії. За допомогою такої системи, ми можемо максимально утилізувати сонячну енергію та забезпечити потреби в електроенергії приватного будинку на постійній основі.

Ця дипломна робота має на меті розробку та аналіз системи комбінованого енергозабезпечення приватного будинку за рахунок енергії сонячного випромінювання. Результати цього дослідження можуть сприяти просуванню використання відновлювальних джерел енергії та покращенню сталості енергозабезпечення у та зменшенню негативного впливу використання природних ресурсів.

Розвиток відновлюваних джерел енергії є одним із ключових напрямків глобальної енергетичної стратегії, спрямованої на зниження залежності від викопних ресурсів та боротьбу з кліматичними змінами. Враховуючи збільшення вартості традиційних енергетичних ресурсів, питання енергетичної безпеки та екологічної стійкості, пошук альтернативних шляхів отримання енергії стає наріжним каменем сучасного суспільства.

Система комбінованого енергозабезпечення, що базується на використанні

сонячного випромінювання, відіграє надзвичайно важливу роль у зміцненні енергетичної незалежності та сталого розвитку. Для приватних будинків такий підхід не тільки дозволяє зменшити витрати на енергію, але й забезпечує більшу автономність і мінімізацію впливу на довкілля.

В контексті світових тенденцій, схильність до збільшення частки сонячної енергії у загальній структурі енергоспоживання мотивована такими факторами:

***Зростання ефективності фотовольтаїчних технологій:** Поліпшення характеристик фотоелектричних елементів і значне зниження вартості їх виробництва зробили сонячні панелі доступнішими для широкого кола споживачів.

***Підтримка державних програм:** Багато країн запровадили програми субсидій та кредитування, що сприяють впровадженню відновлюваних джерел енергії у приватному секторі.

***Підвищення енергетичної незалежності:** Використання сонячної енергії зменшує залежність від централізованих мереж та коливань цін на ринку.

***Екологічна свідомість:** Сонячні енергетичні системи допомагають знизити викиди вуглецю та інших шкідливих речовин, що сприяє боротьбі з глобальним потеплінням і покращенню стану довкілля.

***Довгострокова окупність:** Незважаючи на початкові капіталовкладення, сонячні системи мають малі експлуатаційні витрати та демонструють високу окупність протягом часу.

Особливо актуальним використання систем комбінованого енергозабезпечення стає для регіонів з високою кількістю сонячних днів в році, де потенціал сонячної енергії є значним. Також відзначимо, що розвиток цих систем стимулює інновації, створення нових робочих місць та зміцнення економічного розвитку структур.

Комбіновані системи сонячної енергії стають все більш актуальними для приватних будинків, дачних кооперативів та інших типів житла з ряду причин:

*** Зменшення витрат на енергію:** Встановлення сонячних панелей дозволяє власникам будинків виробляти власну електроенергію з джерела, яке безкоштовне та відновлюване. Це може значно зменшити їхні рахунки за

електроенергію або навіть призвести до повного відключення від мережі.

* **Незалежність від мережі:** Системи сонячної енергії надійні та дозволяють будинкам працювати навіть під час відключень електропостачання, що особливо важливо в ситуаціях зі змінними погодними умовами або аваріями.

* **Збільшення вартості нерухомості:** Встановлення сонячних панелей може підвищити вартість нерухомості, оскільки це робить її більш привабливою для покупців та інвесторів.

Узагальнюючи, комбіновані системи сонячної енергії допомагають власникам будинків заощаджувати гроші, зменшувати вплив на навколишнє середовище, забезпечувати енергетичну незалежність та підвищувати вартість їхньої нерухомості.

У цьому контексті, тема дипломної роботи стає не тільки актуальною, але й несе величезний соціальний та економічний потенціал, пропонуючи довгострокові рішення для покращення якості життя та захисту довкілля.

РОЗДІЛ 1

**СОНЯЧНА ЕНЕРГЕТИКА: ПРОБЛЕМАТИКА, ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ,
ТИПИ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ, СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ, ПЕРЕВАГИ
ТА НЕДОЛІКИ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В ЦІЛОМУ.**

1.1 Проблема зростання енергетичних потреб та зміни клімату

Проблема зростання енергетичних потреб та зміни клімату вимагає нагального вирішення. Світова спільнота стикається з двома взаємопов'язаними викликами: необхідністю задовольняти зростаючі енергетичні запити населення та економіки, а також необхідністю діяти в напрямку стабілізації клімату через зменшення викидів вуглекислого газу і інших парникових газів.

1.1.1 Зростання енергетичних потреб

- **Розвиток індустріалізації:** Промисловий розвиток у країнах, що розвиваються, спричиняє збільшення потреби в енергії.
- **Демографічне зростання:** Населення світу продовжує зростати, особливо в урбанізованих регіонах, внаслідок чого збільшуються потреби у житлово-комунальних послугах.
- **Покращення життєвого рівня:** Попит на енергію зростає внаслідок збільшення кількості побутової техніки та особистого транспорту, що застосовуються населенням.

1.1.2 Зміна клімату

- **Викиди парникових газів:** Використання викопного палива для енергетичних потреб є основним джерелом викидів CO₂, які сприяють глобальному потеплінню.
- **Екстремальні погодні умови:** Зміни клімату призводять до більш частих та інтенсивних погодних явищ, таких як урагани, зливи, посухи, що збільшують потребу в енергії для опалення чи охолодження.
- **Проблема водопостачання:** Зміна кліматичних умов також впливає на регулювання водних ресурсів, що може призводити до енергетичних криз, особливо в регіонах з гідроелектростанціями.

Розглядаючи ці глобальні проблеми, встановлення систем комбінованого енергозабезпечення, заснованих на сонячній енергії, є одним із шляхів до зменшення викидів парникових газів, що є результатом використання традиційних джерел енергії. Також це допоможе забезпечити стійке енергопостачання та знизити залежність від коливань енергетичних ринків.

Приватні будинки, які обладнані такими системами, можуть сприятливо вплинути на загальну ситуацію, застосовуючи "чисті" технології для покриття своїх енергетичних потреб і в той же час скорочуючи загальний обсяг споживання традиційних енергоносіїв.

1.2 Фізичні принципи роботи сонячних систем

- **Сонячна радіація і її властивості:** Сонячні системи працюють, перетворюючи сонячну радіацію у корисні форми енергії, такі як електрична енергія або тепло. Основою цього процесу є фізичні принципи поглинання та перетворення світлової енергії.
- **Фотоелектричний ефект:** Одним з ключових фізичних принципів, що лежить в основі роботи фотовольтаїчних систем, є фотоелектричний ефект. Він описує явище, при якому фотони світла здатні "вибивати" електрони з атомів у напівпровідниковому матеріалі (зазвичай кремнію), створюючи електричний струм.
- **Поглинання та перетворення енергії:** Хвильові характеристики сонячного світла визначають його здатність до поглинання напівпровідниковими матеріалами. Ця здатність залежить від довжини хвилі (кольору) світла і властивостей самого матеріалу.
- **Вплив температури:** Сонячні панелі також підлягають впливу температури. З підвищенням температури ефективність фотовольтаїчних перетворювачів зазвичай знижується.
- **Температурний коефіцієнт:** Усі фотовольтаїчні матеріали мають температурний коефіцієнт, який вказує, наскільки зміниться їхній вихідний струм або напруга відповідно до зміни температури.
- **Максимальна потужна точка:** Ключовим моментом в дизайні сонячної системи є ідентифікація максимальної потужної точки (Maximum Power Point, MPP), при якій сонячний модуль виробляє максимальну доступну потужність.
- **Максимальний коефіцієнт корисної дії (ККД):** Ефективність перетворення енергії сонячного світла в електричну енергію. Це співвідношення

відображає кількість енергії, яку може бути перетворено з урахуванням втрат енергії продуктивних процесів.

- **Фактори, що впливають на ефективність:** Різні фактори, такі як забруднення поверхні, тінь, орієнтація та кут нахилу сонячних модулів та їх вік, можуть значно вплинути на ефективність роботи сонячних систем.

1.3 Фотовольтаїчні сонячні панелі

Фотовольтаїчні (ФВ) системи — це сонячні системи, які використовують фотовольтаїчні панелі для перетворення світлової енергії сонця безпосередньо в електричну через так званий фотоелектричний ефект.

Компоненти ФВ системи

- Фотовольтаїчні панелі: основний елемент, що перетворює сонячну енергію в електрику.
- Інвертор: перетворює постійний струм, вироблений панелями, у змінний струм, необхідний для побутових електричних мереж.
- Регулятор заряду: контролює заряджання і розряджання акумуляторів для запобігання їхньому перезарядженню або надмірному розрядженню.
- Акумуляторні батареї: зберігають електричну енергію для використання під час періодів низької сонячної активності або вночі.
- Кріплення та оточуючі структури: механічні системи для встановлення панелей та їхнього утримання на місці.

1.3.1 Монокристалічні сонячні панелі:

Монокристалічні фотовольтаїчні (ФВ) панелі є одним з типів сонячних панелей, що використовуються для збору сонячної енергії і перетворення її на електричну енергію(дод. А.а).

Ось деякі особливості та характеристики монокристалічних ФВ панелей:

- Висока ефективність: Монокристалічні панелі мають найвищу ефективність серед усіх типів сонячних панелей. Це означає, що вони можуть надавати більше джерело енергії на одну площу, що робить їх ефективними для місць з обмеженим простором для встановлення.

- **Стабільна продуктивність:** Монокристалічні панелі ефективно працюють навіть при низькій освітленості та в холодних умовах.
- **Естетичний зовнішній вигляд:** Монокристалічні панелі мають однорідний чорний колір та мало видимих швів, що робить їх привабливими для встановлення на будь-якій поверхні.

Незважаючи на свої переваги, монокристалічні ФВ панелі мають певні недоліки:

- **Високі вартості:** Виробництво монокристалічних кристалів потребує складних технологічних процесів, що призводить до високих витрат на виробництво. Це робить монокристалічні панелі дорожчими в порівнянні з іншими типами сонячних панелей.
- **Вплив тіні:** Монокристалічні панелі дуже чутливі до тіні. Якщо жодна частина панелі не освітлюється прямим сонячним світлом, то уся панель може зазнати значного зниження продуктивності.
- **Вимоги до монтажу:** Монокристалічні панелі потребують точного розташування та налагодження під частковою нахилом до сонця. Це вимагає додаткових зусиль і витрат на монтаж.

1.3.2 Полікристалічні сонячні панелі

Виготовлені з розплавленого кремнію, який остиг при затвердінні у полікристалічну структуру; відрізняються нижчою вартістю і трохи меншою ефективністю, ніж монокристалічні.

Полікристалічні фотовольтаїчні (ФВ) панелі є ще одним типом сонячних панелей, які використовуються для перетворення сонячної енергії на електричну енергію(дод. А.б).

Ось деякі особливості та характеристики полікристалічних ФВ панелей:

- **Економічність:** Полікристалічні панелі виробляються з використанням відновлювальних матеріалів і менш складних технологій, що робить їх економічно вигідними для багатьох сонячних проектів.

- **Різноманітність розмірів:** Полікристалічні панелі можуть бути виготовлені на основі різних розмірів та форм, що робить їх більш універсальними та адаптивними до різноманітних умов встановлення.

- **Довговічність:** Полікристалічні панелі відзначаються стійкістю до дії негативних факторів, таких як вплив атмосферних умов, корозія і знос. Вони можуть працювати протягом тривалого часу без помітного зниження продуктивності.

- **Коефіцієнт виготовлення:** Полікристалічні панелі мають високий коефіцієнт виготовлення, що означає, що вони мають високу ефективність використання сонячної енергії для перетворення її на електричну енергію.

- **Менше чутливі до тіні:** Полікристалічні панелі менш чутливі до тіні порівняно з монокристалічними панелями. Це означає, що вони можуть продовжувати працювати ефективно, навіть якщо деякі частини панелі закриті від прямого сонячного світла.

Незважаючи на їх переваги, полікристалічні ФВ панелі мають певні недоліки:

- **Нижча ефективність:** В порівнянні з монокристалічними панелями, полікристалічні панелі мають меншу ефективність в перетворенні сонячної енергії. Це означає, що для отримання тієї ж кількості енергії, полікристалічні панелі можуть потребувати більшу площу.

- **Більша площа встановлення:** Оскільки полікристалічні панелі мають меншу ефективність, для отримання тієї ж кількості енергії, необхідна більша площа для встановлення. Це може бути проблемою в обмеженому просторі або на невеликих ділянках.

- **Менша стійкість до високих температур:** Полікристалічні панелі можуть менш ефективно працювати при високих температурах. Вони мають більшу температурну коефіцієнтом ефективності, ніж монокристалічні панелі, що призводить до зниження продуктивності в спекотних регіонах.

1.3.3 Конфігурації ФВ систем

- Системи з прямим підключенням до мережі (он-грід): Панелі підключені до загальної електроенергетичної мережі, дозволяючи продавати зайву енергію назад в мережу.
- Автономні системи (офф-грід): Повністю відокремлені від місцевої електроенергетичної мережі і зазвичай включають акумуляторні батареї для зберігання енергії.
- Гібридні системи: Комбінують елементи і з он-грід, і з офф-грід систем, можуть також інтегруватися з іншими джерелами енергії, такими як вітрові турбіни.

1.3.4 Розміщення ФВ систем

Розміщення та орієнтація сонячних панелей є важливими факторами для максимізації виробництва енергії. В основному перевага надається орієнтації на південь (у північній півкулі) з певним нахилом, залежно від широти місцезнаходження.

1.4 Сонячні колектори

Сонячні теплові колектори - це пристрої, які використовують сонячну енергію для отримання тепла. Вони зазвичай складаються з плоскої або трубчастої конструкції, покритої спеціальним матеріалом, який поглинає сонячне випромінювання і перетворює його в тепло.

Класифікація сонячних колекторів може бути різною, але основними типами є площинні та вакуумні трубчасті колектори.

1.4.1 Площинні колектори

це найпоширеніший тип сонячних колекторів. Вони мають плоску поверхню, яка поглинає сонячне випромінювання. У внутрішній частині колектора знаходиться теплоносій, який нагрівається сонячним теплом і перекачує його до системи опалення або гарячого водопостачання(дод А.в).

Характеристики площинних колекторів:

- **Конструкція:** Площинні колектори мають плоску поверхню, яка поглинає сонячне випромінювання. Усередині них знаходиться теплоносій для передачі нагрітого тепла.
- **Ефективність:** Ефективність площинних колекторів залежить від кута нахилу та орієнтації їх поверхні. Оптимальний кут нахилу залежить від географічної широти місцевості, де вони встановлюються.
- **Використання:** Площинні колектори зазвичай використовуються для опалення будинків, обігріву води або процесів, які вимагають нагрівання.

Переваги площинних колекторів:

- **Вартість:** Площинні колектори є відносно доступними з точки зору вартості виробництва та встановлення.
- **Надійність:** Вони мають просту конструкцію та низьку ймовірність поломки, що робить їх надійними у використанні.
- **Екологічність:** Використання сонячної енергії для отримання тепла у площинних колекторах сприяє зменшенню викидів шкідливих речовин та захисту довкілля.

Недоліки площинних колекторів:

- **Низька ефективність:** У порівнянні з вакуумними трубчастими колекторами, площинні колектори мають меншу ефективність у перетворенні сонячної енергії в тепло.
- **Залежність від погодних умов:** Якщо небо вкрито хмарами, ефективність площинних колекторів може значно знизитись, оскільки вони залежать від сонячного випромінювання

1.4.2 Вакуумні трубчасті колектори

Вакуумні трубчасті колектори складаються з численних трубок, які поміщені в скляну трубку з вакуумом. Сонячне випромінювання потрапляє до вакуумних трубок, які поглинають його і трансформують у тепло. Цей тип колекторів є більш ефективним, оскільки вакуумна ізоляція між трубками

зменшує втрати тепла (дод. А.г).

Вакуумні трубчасті сонячні колектори мають свої переваги та недоліки.

Переваги вакуумних трубчастих колекторів:

- **Висока ефективність:** Вакуумна ізоляція між трубками забезпечує менші втрати тепла, що робить їх ефективнішими у збиранні сонячної енергії і перетворенні її в тепло.
- **Діяльність при низьких температурах:** Вакуумні трубчасті колектори можуть працювати навіть за низьких температур, так що вони ефективні навіть в холодному кліматі.
- **Можливість працювати під кутом:** Такі колектори можуть успішно збирати сонячну енергію під різними кутами, що дає більше гнучкості щодо розташування і використання.

Недоліки вакуумних трубчастих колекторів:

- **Вартість:** Вакуумні трубчасті колектори зазвичай коштують більше, ніж площинні колектори, що робить їх менш доступними з точки зору вартості.
- **Складність конструкції:** У зв'язку зі своєю складною структурою, вакуумні трубчасті колектори можуть вимагати більшої обслуговування та ремонту у порівнянні з площинними колекторами.

Вакуумні трубчасті колектори мають більшу ефективність і можуть працювати в більш широкому діапазоні умов, але вони є дорогими і вимагають більшої уваги при обслуговуванні. При виборі між площинними та вакуумними трубчастими колекторами, необхідно враховувати особливості вашого проекту та вимоги.

Інтеграція сонячних теплових систем з традиційними системами опалення може бути здійснена за допомогою теплообмінника. Сонячний колектор передає нагрітий теплоносії до теплообмінника, який забезпечує передачу тепла до системи опалення. Така інтеграція дозволяє економити енергію, тому що сонячна енергія використовується для попереднього нагріву теплоносія, зменшуючи залежність від джерел енергії нафтової чи газової.

1.5 Системи накопичення енергії

Системи накопичення енергії використовуються для зберігання надлишкової енергії, що може бути використана в подальшому. Два основних методи накопичення енергії - це використання акумуляторів та теплових баків.

Акумулятори є одним з найбільш популярних методів накопичення електричної енергії. Вони працюють на принципі зарядки та розрядки: під час періодів низького енергоспоживання акумулятори заряджаються, а під час вершинного навантаження енергія споживається з акумуляторів. Це дозволяє зберегти надлишкову енергію, яка може виникати від сонячних панелей, вітрових турбін та інших джерел відновлюваної енергії.

Теплові теплові баки, використовуються для зберігання теплової енергії. Вони працюють на основі нагрівання робочого середовища, такого як вода або масло, під час періодів низького теплоспоживання. Під час вершинного навантаження тепла енергія використовується з теплових баків для задоволення пікової потреби.

Комбіновані системи використовують як акумулятори, так і теплові баки для накопичення енергії. Такі системи дозволяють більш ефективно використання збереженої енергії, оскільки вони можуть комбінувати енергію з різних джерел (наприклад, сонячна енергія та тепло, отримане від побутових опалювальних систем). Крім того, у комбінованих системах може бути використаний менеджмент акумуляції енергії, що дозволяє оптимізувати потік енергії залежно від потреби та ефективності системи.

Загалом, системи накопичення енергії, такі як акумулятори та теплові пуфери, разом з комбінованими системами та менеджментом акумуляції енергії, допомагають забезпечувати більш стабільне та ефективно використання енергії, знижуючи залежність від традиційних джерел енергії та сприяючи розвитку відновлюваної енергетики.

1.6 Вибір та розміщення компонентів системи

При виборі та розміщенні компонентів системи важливо враховувати кілька факторів, в тому числі:

- Сонячні панелі: Оптимальне розміщення сонячних панелей повинно забезпечити їх максимальний захоплення сонячної енергії. Для цього слід враховувати кут нахилу, орієнтацію та місцезнаходження панелей. Наприклад, вибір кута нахилу може залежати від географічної широти, природних перешкод (наприклад, будівлі або дерева) та встановлених вимог щодо ефективності.

- Теплові колектори: Розміщення теплових колекторів залежить від їхньої функції та типу системи. Зазвичай їх встановлюють на даху або під ним, забезпечуючи достатній доступ до сонячного світла і оптимальний кут нахилу.

Практики монтажу та установки обладнання варіюються в залежності від кліматичних умов та місцезнаходження. Наприклад, в сонячних регіонах процес установки панелей може бути спрощеним з метою максимального захоплення сонячної енергії. У регіонах з екстремальним кліматом, таких як зими з низькими температурами, додаткові заходи можуть бути прийняті для запобігання замерзанню та випаданню снігу з панелей.

Для визначення оптимального розміщення та нахилу сонячних панелей та колекторів використовуються методики та аналітичні інструменти, такі як:

- Сонячні метрики: Врахування географічних координат, включаючи широту, довготу та азимут (орієнтація панелей) може допомогти визначити оптимальну позицію сонячних панелей для максимального охоплення сонячної енергії.

- Симуляційні програми: Комп'ютерні програми, такі як сонячні симулятори, дозволяють моделювати та визначати оптимальний кут нахилу для максимального захоплення сонячної енергії в конкретному місцезнаходженні.

- Професійні консультації: Звернення до спеціалістів чи підприємств, які займаються встановленням сонячних енергетичних систем, може забезпечити професійну оцінку та рекомендації щодо оптимального розміщення та нахилу компонентів системи в конкретному контексті.

Загалом, оптимальне розміщення та нахил компонентів системи в сонячних та теплових системах вимагає врахування різноманітних факторів, а вибір методів та технологій може варіюватися в залежності від конкретних умов

та додаткових вимог.

1.7 Інвертори

Інвертори є важливими компонентами сонячних енергетичних систем і відіграють ключову роль в перетворенні постійного струму (ДС) з сонячних панелей у змінний струм (ЗС), що використовується для живлення електричного устаткування.

Принцип роботи інвертора полягає в тому, що він приймає постійний струм, вироблений сонячними панелями, і перетворює його в змінний струм, який відповідає стандартним характеристикам електричної мережі. Інвертори також відповідають за регулювання напруги та частоти змінного струму, забезпечуючи сумісність з підключеними пристроями та енергомережою.

Існують різні види інверторів, зокрема:

- Модифіковані синусоїдальні (квазісинусоїдальні) інвертори: Ці інвертори працюють, генеруючи змінний струм зі зрізами імпульсів, що нагадують модифіковану форму синусоїди. Вони є більш економічними у порівнянні з іншими видами інверторів, але не підходять для всіх видів електроніки та пристроїв.
- Чистосинусоїдальні інвертори: Ці інвертори генерують змінний струм з точною формою синусоїди, що дозволяє їм працювати з будь-якими типами електроніки та пристроями. Вони є більш коштовними, але забезпечують кращу якість енергії та ефективність.

Роль інверторів у сонячних енергетичних системах полягає в перетворенні збереженої енергії у використовуваний змінний струм. Крім того, інвертори забезпечують синхронізацію генерованої енергії з електричною мережею. Це дозволяє передавати надлишкову енергію у мережу, а також отримувати потрібну додаткову енергію в разі нестачі. Інвертори також виконують функцію керування навантаженням, що дозволяє регулювати споживання енергії залежно від потреб системи та вимог користувача.

Управління навантаженням та синхронізація з енергомережою забезпечується за допомогою вбудованого програмного забезпечення інвертора.

Це дозволяє контролювати передачу енергії між системою та мережею, встановлювати пріоритети навантаження та забезпечувати стійку роботу системи навіть при змінах навантаження.

Загалом, інвертори є ключовими компонентами сонячних енергетичних систем, які перетворюють збережену енергію з постійного струму на змінний струм, забезпечуючи сумісність з електронікою та мережею. Вони також виконують функцію керування навантаженням та синхронізацію із електричною мережею, що дозволяє ефективно використовувати сонячну енергію.

1.8 Ефективність та продуктивність сонячних систем

Оцінка продуктивності сонячних панелей включає в себе оцінку їх вихідної потужності, коефіцієнта корисної дії (ККД) і факторів, що впливають на їх ефективність.

Вихідна потужність сонячних панелей вимірюється в ватах (Вт) і вказує на максимальну можливу потужність, яку панелі можуть виробляти при ідеальних умовах. Вона зазвичай вказується на етикетці кожної панелі.

ККД є показником ефективності перетворення сонячної енергії на електричну енергію. Він визначається як відношення виробленої електричної потужності до отриманої сонячної потужності. ККД зазвичай виражається у відсотках і може бути різним для різних типів сонячних панелей.

Фактори, що впливають на ефективність сонячних систем, включають орієнтацію панелей по відношенню до сонця, наявність тіні, погодні умови, рівень запилення панелей і ефективність електричних пристроїв, які використовуються для збору та конвертації сонячної енергії.

Оцінка загальної ефективності сонячної енергетичної системи включає в себе оцінку всіх компонентів і процесів, пов'язаних з генерацією, зберіганням та використанням сонячної енергії. Це включає оцінку ефективності сонячних панелей, системи зберігання енергії, інверторів, передачі електроенергії і ефективності використання електроустановок, які використовують сонячну енергію.

Для оцінки загальної ефективності сонячної енергетичної системи також можуть використовуватися методи моделювання та симуляції, аналізу даних з

моніторингу ефективності та аудиту енергетики. Ці методи дозволяють виявити потенційні проблеми, вбудувати корективні заходи і встановити оптимальні налаштування для максимальної ефективності та продуктивності сонячної енергетичної системи.

1.9 Переваги та недоліки сонячної енергії

Переваги використання сонячної енергії:

- **Економічні переваги:** Встановлення сонячних систем може допомогти знизити витрати на електрику, оскільки сонячна енергія є безкоштовною та відновлюваною. Після встановлення сонячної енергетичної системи, вона може продукувати електрику впродовж багатьох років з меншими витратами на обслуговування.
- **Екологічні переваги:** Використання сонячної енергії не призводить до викидів шкідливих відходів або викидів парникових газів, які сприяють глобальному потеплінню. Це сприяє зменшенню викидів CO₂ в атмосферу та впливає на зменшення ефекту парникового газу.
- **Соціальні переваги:** Використання сонячних систем допомагає розширити доступ до електроенергії в сільських та віддалених районах, де проведення електропроводки може бути складним та коштовним. Це сприяє соціальному розвитку та поліпшенню якості життя населення.

Технічні та практичні проблеми, що стоять перед сонячною енергетикою:

- **Мінливість виробітку:** Сонячна енергія залежить від наявності сонця, що впливає на її сталість та надійність. Умови погоди, такі як хмарність та опади, можуть знижувати виробіток. Це може створювати складнощі, особливо при залежності від сонячної енергії в умовах зі зменшеною сонячною активністю.
- **Потреба в захисті від перевантаження:** Сонячні системи можуть стикатися з проблемою перевантаження, коли сонячна енергія перевищує споживання або можливості для збереження. Це може вимагати систем вимкнення або розподілу надлишкової енергії, щоб запобігти пошкодженням.
- **Потреба в обладнанні та інфраструктурі:** Встановлення сонячних систем вимагає наявності спеціального обладнання та інфраструктури, такої як

сонячні панелі, батареї для збереження енергії та системи інверторів. Це може бути дорогим та вимагає певних технічних знань та експертизи.

Незважаючи на технічні недоліки, сонячна енергетика вважається одним з найбільш ефективних та стійких джерел відновлюваної енергії. Розвиток технологій і підтримка від уряду допомагають зменшити ці виклики та розширити використання сонячної енергії по всьому світу.

1.10 Висновки

Висновки з цього розділу підтверджують важливість сонячної енергетики як екологічно чистого та сталого джерела енергії. Системи на основі сонячного випромінювання мають багато переваг, включаючи незалежність від викопних палив, відсутність викидів шкідливих речовин у атмосферу та низькі експлуатаційні витрати після впровадження.

Вивчення фізичних принципів та технологій сонячних систем допомагає зрозуміти, як сонячна енергія перетворюється на електричну та теплову енергію. Розробка фотовольтаїчних панелей та сонячних колекторів різних типів дозволяє ефективно використовувати сонячне випромінювання в побуті, комерційних і промислових секторах.

Важливо також розглянути системи накопичення енергії, які забезпечують стабільність постачання енергії протягом усього дня та нічного часу. Гнучкість інверторів дозволяє синхронізувати сонячні системи з енергомережою та ефективно управляти навантаженням.

Оцінка продуктивності сонячних систем допомагає виявити ефективність і рентабельність використання сонячної енергії. Варіативність виробітку та нестабільність потужності можуть бути вирішені шляхом використання систем накопичення енергії та оцінки загальної ефективності системи.

Хоча використання сонячної енергії має багато переваг, існують певні недоліки, такі як мінливість виробітку та нестабільність енергопостачання. Однак швидкий розвиток технологій фотовольтаїки та сонячної енергії в цілому відкриває нові можливості для покращення ефективності та зниження вартості сонячних систем.

Загалом, цей розділ підкреслює важливість сонячної енергетики як ключового джерела сталої та екологічно чистої енергії. Дослідження та розвиток сонячних технологій є важливими кроками у здійсненні переходу до більш сталої та зеленої енергетичної системи.

РОЗДІЛ 2
ПРОЄКТУВАННЯ, РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ
СОНЯЧНИХ КОЛЕКТОРІВ

2.1 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ

2.1.1 Характеристика об'єкту

- Житловий будинок, який має розташування біля міста Київ.

2.1.2 Характеристики та вихідні показники

- Термін роботи – повний рік.
- Кількість споживачів, що живуть в будинку – 5 чоловік.
- Температура гарячої води – 50 °С.
- Температура холодної води – 9 °С.

2.2 Технологічна Частина

2.2.1 Розрахунок потреб теплоти на ГВП об'єкта

Згідно ДБН.В.2.5-64:2012 норма гарячої води на одну людину складає 90 л/добу.

Кількість теплової енергії, що необхідна для гарячого водопостачання об'єкта протягом місяця визначається за формулою:

$$Q = \frac{A_m * P_c * m * C_p (t_r - t_x)}{3,6 * 10^6} \text{ кВт * год, де}$$

A_m – кількість діб у місяці;

P_c – кількість споживачів, що забезпечуються ГВП;

m – витрати води, л/добу;

C_p – питома теплоємність води, кДж/(кг·°С);

t_r – температура гарячої води в місцях водозбору, °С;

t_x – температура холодної води, °С.

Розрахунок теплової енергії, що необхідна для гарячого водопостачання об'єкта протягом січня:

$$Q = \frac{A_m * P_c * m * C_p (t_r - t_x)}{3,6 * 10^6} = \frac{30 * 5 * 90 * 4180 * (50 - 9)}{3,6 * 10^6} = 662.105 \text{ кВт * год}$$

Розрахунки наведені нижче у табл. 2.1

Таблиця 2.1 - Місячна кількість теплоти для гарячого водопостачання об'єкту

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
К-кість днів	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
К-кість споживачів	5											
Добова витрата	90											
t_x	9											
t_r	50											
К-ксть теплоти, кВт*год	662.10	598.031	662.10	640.74	662.10	640.74	662.10	662.10	640.7	662.10	640.7	662.1

2.2.2 Розрахунок надходження сонячної радіації

Фундаментальними метеорологічними величинами для калькуляції систем утилізації сонячної енергії є показники сонячного випромінювання та зовнішньої температури повітря. Виконання обчислень здійснюється на базі годинних сумарних показників як прямої, так і розсіяної сонячної радіації, у поєднанні з даними температури зовнішнього середовища.

Щодо визначення рівня сонячної радіації, що досягає поверхні сонячного колектора, в тому числі з урахуванням його орієнтації в просторі протягом світлового дня, ця величина визначається згідно із встановленою формулою.

$$q_{\text{пад } i} = P_A P_S I_S^{\text{rop}} + P_D I_D^{\text{rop}} + P_R (I_S^{\text{rop}} + I_D^{\text{rop}}) a,$$

де P_A – коефіцієнт, що враховує азимут розташування СК, в даному проєкті південна орієнтація, тому $P_A = 1$;

P_S – коефіцієнт положення СК для прямої СР

$$P_S = I_S^{\text{нах}} / I_D^{\text{rop}}$$

$I_S^{\text{нах}}$ - Сила прямого сонячного випромінювання, отримувана нахиленим сегментом поверхні, вимірюється у ватах на квадратний метр (Вт/м²).

$I_D^{\text{гор}}$ - Сила прямого сонячного випромінювання, отримувана горизонтальним сегментом поверхні, вимірюється у ватах на квадратний метр (Вт/м²).

Таблиця 2.2 - Параметри кутових коефіцієнтів для стаціонарних сонячних колекторів.

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P_S	2,67	1,92	1,38	1,22	1,05	0,99	1,01	1,14	1,23	1,65	2,41	3,03

$I_D^{\text{гор}}$ - Сила прямого сонячного проміння, що досягає горизонтально розташованої поверхні.

P_D - Коефіцієнт розташування колектора для дифузної сонячної радіації, обчислюваний за допомогою заданого математичного виразу.

$$P_D = \frac{\cos^2(\beta)}{2} = \frac{\cos^2(35)}{2} = 0,336$$

P_R - Коефіцієнт орієнтації сонячного колектора для відбитого сонячного випромінювання, який розраховують відповідною формулою:

$$P_R = \frac{\sin^2(\beta)}{2} = \frac{\sin^2(35)}{2} = 0,164$$

$\beta = 35^\circ$ - кут нахилу сонячного колектора до горизонту

a – альбедо, поверхні, що розглядається на якій розташовані сонячні колектори

Таблиця 2.3 – альбедо за умови, що відсутній сніговий покрив

Місяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
a	0,6	0,6	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,6

У табл. 2.4 наведено середньогодинні значення сили прямої (I_S) та дифузійної (I_D) сонячної радіації (Вт/м²) разом з їхніми добовими агрегаціями (Вт * год/м²) для кожного місяця в регіоні, класифікованому як перша кліматична зона.

Таблиця 2.4

	Години	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Місяць	Інтенсивність сонячного світла											Сума
Січень	Is	0	0	23	35	47	47	47	23	8	0	230
	Id	0	23	47	93	116	116	105	81	47	23	651
Лютий	Is	0	23	47	70	93	105	93	70	35	0	536
	Id	23	47	93	140	151	151	128	116	70	35	954
Березень	Is	35	81	116	151	174	186	174	128	81	35	1161
	Id	47	105	151	198	221	209	198	163	128	81	1501
Квітень	Is	81	151	209	233	244	221	209	186	116	70	1720
	Id	105	151	186	232	244	256	244	209	174	128	1929
Травень	Is	151	233	302	326	314	302	291	233	186	128	2466
	Id	151	198	221	256	291	267	244	244	209	151	2232
Червень	Is	198	279	349	384	395	372	337	291	233	163	3001
	Id	163	221	232	256	279	267	267	256	232	186	2359
Липень	Is	186	267	337	349	349	337	326	279	221	163	2814
	Id	151	186	209	256	267	279	256	256	209	163	2232
Серпень	Is	140	221	291	326	337	314	291	256	186	116	2478
	Id	116	163	186	221	233	244	233	209	186	151	1942
Вересень	Is	70	140	209	267	291	256	233	174	140	70	1850
	Id	81	128	174	186	186	198	186	174	128	81	1522
Жовтень	Is	23	58	93	140	163	163	140	105	58	23	966
	Id	35	81	116	140	151	151	140	116	81	35	1046
Листопад	Is	0	12	23	35	47	47	47	23	12	0	246
	Id	12	35	79	81	93	93	81	70	35	12	591
Грудень	Is	0	0	12	23	47	35	23	12	0	0	162
	Id	0	12	47	81	81	81	70	58	23	0	453

Розрахунок сумарної кількості сонячної радіації, яка проникає до сонячного колектора на протязі одного з днів в січні:

$$q_{\text{пад}} = P_A P_S I_S^{\text{гор}} + P_D I_D^{\text{гор}} + P_R (I_S^{\text{гор}} + I_D^{\text{гор}}) a =$$

$$1 * 2,67 * 230 + 0,336 * 651 + 0,164 * (230 + 651) * 0,6 = 920 \text{ Вт*год/м}^2$$

Розрахунок інтенсивності сонячної радіації проводиться відповідно для кожного наступного місяця, усі результати цих розрахунків детально представлені в прикріпленій табл. 2.5:

Таблиця 2.5 – річне надходження сумарної сонячної радіації в умовах м. Київ

Місяць	Січ	Лют	Бер	Квіт	Трав	Черв	Лип	Серп	Вер	Жовт	Лист	Груд
К-сть днів у місяці	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$q_{\text{пад,день}},$ Вт * год/м ²	920	1497	2237	2866	3494	3940	3758	3622	2897	2011	832	704
$q_{\text{пад,місяць}},$ кВт * год/м ²	29	42	69	86	108	118	116	112	87	62	25	22

Приведена інтенсивність поглинутої сонячної радіації $q_{\text{погл}}$, вимірюється в Вт * год/м² і є результатом розрахунків, що використовують певну формулу. Для отримання точних результатів, ця формула враховує різні фактори, такі як нахил площини до сонця, час дня, місяць року та інші параметри:

$$q_{\text{погл}} = P_A P_S (\tau\alpha)_S I_S^{\text{гор}} + (\tau\alpha)_D [P_D I_S^{\text{гор}} + P_R (I_S^{\text{гор}} + I_D^{\text{гор}}) a]$$

де $(\tau\alpha)_S = 0,95$ та $(\tau\alpha)_D = 0,719$ представляють оптичні характеристики сонячного колектора (СК) Hewalex KS2100F TLP, вказані в його паспортних характеристиках. Ці значення вказують на пропускність СК для прямої (S) та розсіяної (D) сонячної радіації. Оптичні характеристики є важливими при розрахунках ефективності колектора та визначенні його потужності за різних умов освітлення. СК Hewalex KS2100F TLP є продуктом виробника, відомого своєю якістю та надійністю.

Таким чином відбувається прорахунок приведеної інтенсивності поглинутої сонячної радіації протягом дня у січні:

$$\begin{aligned}
q_{\text{погл}} &= P_A P_S (\tau \alpha)_S I_S^{\text{гор}} + (\tau \alpha)_D [P_D I_S^{\text{гор}} + P_R (I_S^{\text{гор}} + I_D^{\text{гор}}) a] = \\
&= 1 * 2,67 * 0,95 * 23 + 0,719(0,336 * 230 + 0,164(230 + 651)0,6) \\
&= 701 \text{ Вт} * \text{год}/\text{м}^2
\end{aligned}$$

Таким чином нижче наведено табл. 2.6 у котрій продемонстровано розрахунок для кожного місяця:

Таблиця 2.6 – Розрахунок інтенсивності поглинутої сонячної радіції протягом року м. Київ

Місяць	Січ	Лют	Бер	Квіт	Трав	Черв	Лип	Сер	Вер	Жовт	Лист	Гр
Кількість днів	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
$q_{\text{погл.день}}, \text{Вт} * \text{год}/\text{м}^2$	701	1213	1897	2495	3166	3673	3498	3386	2688	1795	652	544
$q_{\text{погл.місяць}}, \text{кВт} * \text{год}/\text{м}^2$	21,7	33,9	58,8	74,8	98,1	110	108	105	80,6	55,6	19,6	18,8

Температуру повітря зовні для i -тої години j -місяця визначають таким способом:

$$t_{ij} = t_j + 0,5 * k_i * A_i,$$

де t_j – середня температура доби повітря зовні j -го місяця, що зазначили зі СНіП 2.01.01.

A_i – середня амплітуда коливань на добу температури у j -му місяці, що зазначили зі СНіП 2.01.01

Таблиця 2.7 – середня температура та амплітуда коливань доби для м. Київ

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$t_j, ^\circ\text{C}$	-5,9	-5,2	-0,4	7,5	14,7	17,8	19,8	18,7	13,9	7,5	1,2	-3,1
$A_i, ^\circ\text{C}$	5,3	5,8	6,8	8,7	10,3	10,4	10,6	10,4	9,9	5,8	5,2	5,1

Таблиця 2.8 - коефіцієнт перерахунку k для кожної i -ої години

Години	8	9	10	11	12	13	14
	21	20	19	18	17	16	15
k_j	0	0,26	0,5	0,71	0,87	0,97	1

Зробимо наприклад розрахунок у січні, для 20 год. вечора:

$$t = -5,9 + 0,5 * 0,26 * 5,3 = -5,2^{\circ}\text{C}$$

Таблиця 2.9 – результати розрахунку для кожної години кожного місяця

Місяць	Години						
	8	9	10	11	12	13	14
	21	20	19	18	17	16	15
Січень	-5,9	-5,211	-4,575	-4,019	-3,595	-3,33	-3,25
Лютий	-5,2	-4,446	-3,75	-3,141	-2,677	-2,387	-2,3
Березень	-0,4	0,484	1,3	2,014	2,558	2,898	3
Квітень	7,5	8,631	9,675	10,589	11,285	11,72	11,85
Травень	14,7	16,039	17,275	18,357	19,181	19,696	19,85
Червень	17,8	19,152	20,4	21,492	22,324	22,844	23
Липень	19,8	21,178	22,45	23,563	24,411	24,941	25,1
Серпень	18,7	20,052	21,3	22,392	23,224	23,744	23,9
Вересень	13,9	15,187	16,375	17,415	18,207	18,702	18,85
Жовтень	7,5	8,605	9,625	10,518	11,198	11,623	11,75
Листопад	1,2	1,876	2,5	3,046	3,462	3,722	3,8
Грудень	-3,5	-2,837	-2,225	-1,69	-1,282	-1,027	-0,95

2.3 Розрахунок та вибір обладнання УСГВ

Площу сонцепоглиняльної поверхні сонячного колектора з дублером F' , вимірюють за допомогою певного рівняння:

$$F' = \frac{1,16 * G_{\text{доб}} * (t_{w,2} - t_{w,1}) * c_p}{\eta \sum q_{\text{пад}}^{\text{доб}}}, \text{ де}$$

$q_{\text{пад}}^{\text{доб}}$ – інтенсивність сонячної радіації, яка надходить до верхні колектора, рахується за формулою $q_{\text{пад}}^{\text{доб}} = \sum_i q_{\text{пад},i}$ за інтервалом 8 - 17 год для сонячного

колектора на південь, Вт/м²;

$G_{\text{доб}}$ – навантаження на добу системи ГВП, л/доб;

c_p – теплоємність води, Дж/кг, °С;

η – ККД сонячного колектора, що визначається у паспортних даних;

$$F' = \frac{1,16 * 445 * (50 - 9) * 4180}{0,757 * 920 * 3600} = 35,595 \text{ м}^2$$

Сумарна кількість виробленої теплоти, позначена як Q , за рік роботи системи може бути визначена за допомогою спеціальної формули:

$$Q = F \cdot \eta \cdot \sum_{z,j} q_{\text{пад}}^{\text{доб}}, \text{ де}$$

z – кількість місяців роботи геліосистеми;

j – кількість днів у місяця.

Частку (коефіцієнт) покриття навантаження УСГВ за допомогою сонячного колектора рахують за допомогою формули:

$$f_{\text{зам}} = Q / \sum_{z,j} G_{\text{доб}} (t_{w,2} - t_{w,1}) c_p$$

Таблиця 2.10 – розрахунки кількості теплоти у сумі та коефіцієнта, що покриває навантаження УСГВ у кожному місяці

Міс.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$F, \text{ м}^2$	34,5	21,8	14,6	11,4	9,3	8,3	8,7	9	11,3	16,3	39,4	46,9
$Q, \text{ кВт} \cdot \text{год}$	148	231	400	510	669	751	739	715	549	379	133	115
$Q_{\text{пот}}, \text{ кВт} \cdot \text{год}$	662	598	662	641	662	641	662	662	641	662	641	662
$f_{\text{зам}}$	0,224	0,387	0,605	0,796	1,01	1,172	1,116	1,08	0,857	0,573	0,208	0,174

Цілий набір заходів було прийнято з метою забезпечити необхідну площу поглинаючої поверхні для сонячних колекторів. Ми визначили, що ідеальна площа становить 9,56 м². Це дозволить нам забезпечити необхідний обсяг теплової енергії протягом літніх місяців, а також застатися додатковим джерелом енергії для весняної та осінньої пори року, коли вимоги до тепла є меншими.

Аналізуючи табл. 2.10, можна побачити, що з 5-го по 8-й місяць спостерігається зайвий обсяг теплової енергії, що генерується. Щоб уникнути цього перевищення влітку, було вирішено встановити площу поглинаючої поверхні колекторів на рівні 9,56 м². Це також забезпечить достатню потужність нагрівального елементу для компенсації теплового дефіциту в інших місяцях.

Після розрахунків було обрані сонячні колектори Hewalex KS2100F TLP AC, що мають площу активної поглинальної поверхні 1,93 м². Таким чином 5 сонячних колекторів зможуть забезпечити 9,65 м² площі.

Щоб забезпечити неперервну роботу геліосистеми з примусовою циркуляцією теплоносія, потрібно розрахувати потрібну ємність баку-акумулятора. Відповідно до рекомендацій, розрахунок здійснюється з використанням множника від 0.06 до 0.08 м³ на 1 м² площі сонячних колекторів. Залежно від конкретних умов, можна підібрати оптимальну ємність для забезпечення ефективності системи та задоволення потреб у теплі.

$$V_{\text{БА}} = 0,07 * 9,65 = 0,676 \text{ м}^3 = 676 \text{ л}$$

l – витрата теплоносія на м² геліоустановки;

$F_{\Sigma k}$ – площа сонячних колекторів геліоустановки однієї секції.

2.3.1 Сонячний колектор

Запропонований польським виробником Hewalex плоский сонячний колектор KS2100F TP AC є бюджетною моделлю, яка часто використовується для різноманітних цілей, таких як нагрівання води у приватних будинках, опалення невеликих приміщень і підігрів води у басейнах. Для забезпечення високої ефективності та економічності, цей колектор оснащений алюмінієвим абсорбером, у якого теплопровідність компенсується за допомогою потовщеної пластини. Покриття моделі виконано зі структурованого скла (дод. Б.а).

2.3.2 Теплообмінний апарат

У цьому магістерському проєкті було обрано накопичувальний водонагрівач Drazice NAD 750 v4 для встановлення(дод. Б.б). Ця модель відрізняється своєю унікальністю та ефективністю. Використовуються акумуляційні баки, які призначені для накопичення зайвого тепла від джерела тепла, у нашому випадку - сонячних колекторів. Наш водонагрівач буде мати вбудований теплообмінник для сонячної системи та додатковий нагрівач - ТЕН.

Над виробляється з якісного листа сталі та проходить тискове випробування на рівні 0,9 МПа, що перевищує стандарти та гарантує надійність. Внутрішній резервуар не потребує додаткової обробки поверхні. Бак має 42-міліметрову пінополіуретанову ізоляцію з відмінними теплоізоляційними характеристиками. Зовнішня конструкція баку виконана з високоякісного сталевих листа з порошковим покриттям, що забезпечує довговічність та привабливий зовнішній вигляд.

Цей накопичувальний водонагрівач є ідеальним вибором для різних проєктів, включаючи квартири, будинки, готелі, громадські споруди та інші.

2.3.3 Контролер

У даному проєкті застосовується інноваційний контролер геліосистеми Tech ST-21 Solar, який є справжнім технологічним дивом. Електронний модуль Tech ST-21 SOLAR вражає своєю функціональністю: це надсучасний контролер для сонячних колекторів, обладнаний двома високоточними датчиками температури і призначений для інтелектуального керування циркуляційним насосом(дод. Б.в).

Головним завданням цього регулятора є активувати пристрій, коли різниця температур між датчиками перевищує встановлене порогове значення ($T_2 - T_1 \geq \Delta$), та вимкнути його, якщо температури обох датчиків зрівняються ($T_1 \geq T_2$). Це не лише дозволяє значно зменшити споживання електроенергії, але й продовжує термін служби вашого пристрою.

Найбільш вражаючою особливістю цього контролера є його здатність керувати ТЕНом, використовуючи датчики температури в баку-акумуляторі. Він автоматично підігріває воду до необхідної температури, якщо тепла генерація

від УСГВ недостатня для повного задоволення потреби користувача.

Цей контролер також володіє інтелектуальними функціями, які підвищують його надійність та знижують витрати, пов'язані з експлуатацією. Він обладнаний системою запобігання закисання насоса під час тривалого періоду простою, автоматично вмикаючи насос на 1 хвилину приблизно кожні 10 днів. Також контролер має важливу функцію захисту установки від замерзання: коли температура на датчику контролера або в бойлері опускається нижче 6 °С, насос автоматично активується на фіксований час, а вимикається, коли температура в контурі досягає значення 7 °С.

2.3.4 Розрахунки ТЕНу

Теплова енергія, яку генерує УСГВ, вистачає лише протягом 4-9 місяців на рік для задоволення потреби у гарячій воді. Отже, для забезпечення стійкого та надійного гарячого водопостачання споживачу в умовах, коли УСГВ не забезпечує достатньо тепла протягом усього року, рекомендується встановлення електричного ТЕНу для підігріву води.

Необхідна потужність ТЕНу повинна розраховуватися для найменш сприятливого місяця для УСГВ, яким є грудень. Цей розрахунок дозволить забезпечити надійний та ефективний підігрів води у ті періоди, коли сонячні колектори не можуть забезпечити достатню теплову енергію. Такий підхід забезпечить стабільну гарячу воду для споживачів у будь-яку пору року, забезпечуючи їхні потреби у гарячій воді незалежно від сезону та погодних умов.

$$P_{\text{ТЕН}} = \frac{Q_{\text{ПОТ}} - Q}{24} = 22,797 \text{ кВт}$$

Для вирішення завдання підігріву води обираємо ТЕН виробництва ТОВ "ТЕПЛОМАШ" з міста Дніпро (ран. Дніпропетровськ), який має потужність 24 кВт. Цей ТЕН вирізняється високою якістю та надійністю завдяки застосуванню передових технологій у процесі його виготовлення. Важливо відзначити, що збірка цього ТЕНа проводиться за новітніми методами, включаючи зварювання металів, що робить його витривалим і здатним витримувати критично високі температури та механічні навантаження(дод. Б.г).

2.3.5 Розрахунки циркуляційних насосів

Об'ємна витрата установки сонячного гарячого водопостачання для цього проекту складає 30 л/(год·м²) площі колекторів. Загальна об'ємна витрата геліоустановки обчислюється як добуток питомої об'ємної витрати теплоносія і площі поглинаючої поверхні:

Загальна об'ємна витрата = Питома об'ємна витрата * Площа поглинаючої поверхні

Загальна об'ємна витрата = 30 л/(год·м²) * (площа поглинаючої поверхні)

Це обчислення важливе для визначення необхідного розміру та потужності сонячних колекторів у системі гарячого водопостачання, щоб забезпечити високоефективне та стабільне гаряче водопостачання для даного проекту (дод.Б.д).

$$Q_{\text{заг.об}} = l_{\text{вит}} * F_{\Sigma k} = 289,6 \text{ л/год}$$

$l_{\text{вит}}$ – витрата води геліоустановки;

$F_{\Sigma k}$ - загальна площа секції колекторів.

Повна витрата на 1 сонячний колектор дорівнює:

$$Q_{\text{заг.об.кол}} = \frac{Q_{\text{заг.об}}}{N_k} = 57,9 \frac{\text{л}}{\text{год}} = 0,965 \text{ л/хв}, \text{ де}$$

N_k – кількість колекторів

2.3.6 Розширювальний бак

Правильне підключення розширювального бака є критичним аспектом в системі теплопостачання. Розширювальний бак повинен бути підключений в зворотному напрямку 1-го контуру, після теплообмінника на виході з циркуляційного насосу. Це оптимальний спосіб забезпечити позитивний тиск у всьому контурі системи. Правильне підключення допомагає уникнути проблем з негативним тиском та забезпечити надійну роботу системи.

Важливо також враховувати, що витрати енергії для подолання місцевих гідравлічних опорів та в'язкості теплоносія залежать від підйому насосу та температури теплоносія. Необережне підключення розширювального бака може призвести до кавітації насоса і, як наслідок, скоротити термін його служби. Тому

важливо враховувати всі ці фактори при проектуванні та підключенні розширювального бака, щоб забезпечити ефективну та надійну роботу системи тепlopостачання.

Формула за якою визначається об'єм розширювального бака:

$$V_n = \frac{(V_v + V_2 + N_k * V_k) * (P_e + 1)}{P_e - (P_{st} + 0,5)}, \text{ де}$$

$V_v = V_a * 0,015 = 30 * 0,015 = 0,45 \text{ л}$ – об'єм запобіжного водяного затвору (теплоносія);

$V_a = 30 \text{ л}$ – наливний об'єм установки;

$V_2 = V_a * \beta = 30 * 0,13 = 3,9 \text{ л}$ – збільшення об'єму установки при нагріванні;

$\beta = 0,13$ – коефіцієнт розширення;

$P_e = P_{si} - 0,1 * h = 6 - 0,1 * 5 = 5,5 \text{ бар}$;

$P_{si} = 6 \text{ бар}$ – тиск спрацювання запобіжного клапана;

$h = 5 \text{ м}$ – статична висота;

$P_{st} = 1,5 + 0,1 * h = 1,5 + 0,1 * 5 = 2 \text{ бар}$;

$V_k = 1,1 \text{ л}$ – об'єм колектора;

$N_k = 5 \text{ шт}$ – кількість колекторів.

$$V_n = \frac{(0,45 + 3,9 + 5 * 1,1) * (5,5 + 1)}{5,5 - (2 + 0,5)} = 21,342 \text{ л}$$

2.3.7 Запобіжний клапан

Вибір запобіжного клапана є критичним аспектом для забезпечення безпеки системи тепlopостачання. Зазвичай, максимальний робочий тиск 1-го контуру визначається на основі максимального тиску в колекторі або розширювальному баці. В даному випадку, якщо максимальний тиск в колекторі та розширювальному баці складає 6 бар, то вибір запобіжного клапана на такий тиск є логічним та безпечним рішенням.

Важливо пам'ятати, що запобіжний клапан встановлюється для захисту системи від можливих перевищень тиску, і його робочий тиск повинен бути вищим за максимальний тиск системи. Це гарантує, що у разі надмірного тиску запобіжний клапан автоматично відкриється і виведе надлишковий тиск,

запобігаючи потенційним аваріям та пошкодженням системи.

РОЗДІЛ 3
ПРОЄКТУВАННЯ, РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ
СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

3.1 Місце розташування сонячної електростанції, кліматичні дані та енергоспоживання.

В цій частині магістерського проєкту буде розглянуто побудування сонячної електростанції для житлового будинку біля м. Київ:

Координати місцевості, що було обрано для досліджу:

Широта: 50.16;

Довгота: 30.19.

Нижче наведено інтенсивність сонячного світла (табл.3.1) для горизонтальної поверхні в м. Київ, згідно інтернет даних [4]:

Таблиця 3.1 – сонячна радіація в м. Київ протягом всього року

Період	Кількість днів у місяці, п	Пряме сонячне світло, що падає на рівну поверхню, МДЖ/м ²	Розсіяне(дифузне) сонячне випромінювання, МДж/м ²	Сумарна кількість інтенсивності сонячного світла, МДж/м ²
Січень	31	25	71	96
Лютий	28	54	96	150
Березнь	31	130	172	302
Квітень	30	193	226	419
Травень	31	297	285	582
Червень	30	356	302	658
Липень	31	344	293	637
Серпень	31	297	239	536
Вересень	30	205	176	381
Жовтень	31	105	122	227
Листопад	30	25	63	88
Грудень	31	17	50	67
За рік	365	2048	2095	4143

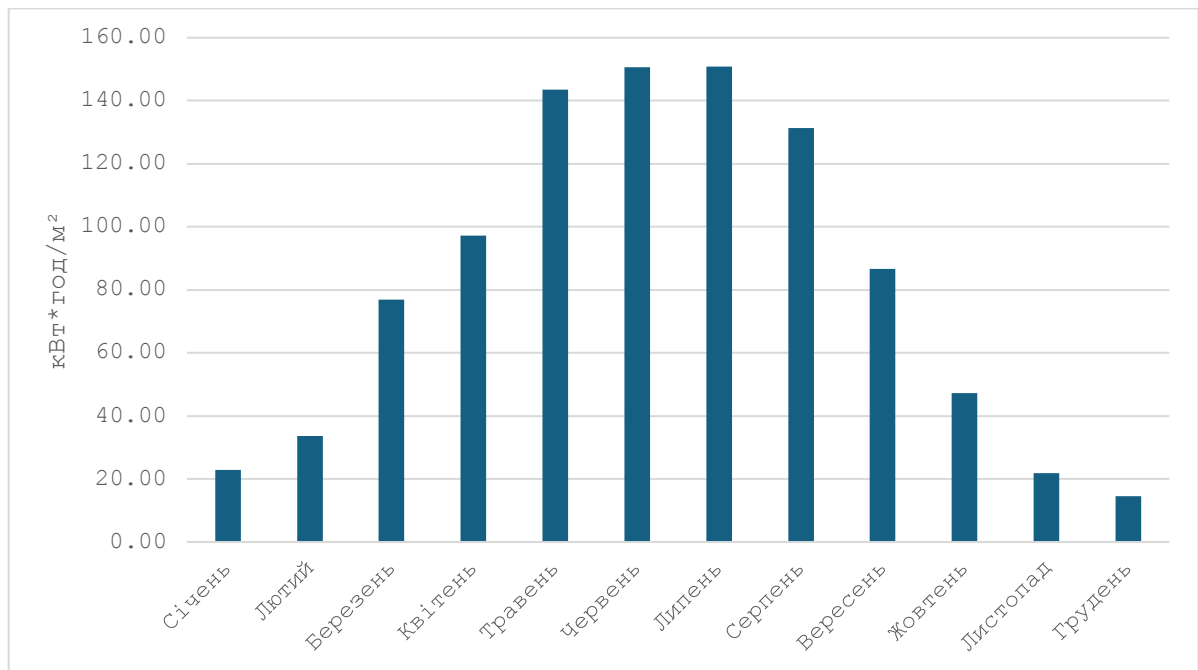


Рисунок 3.1 – загальна кількість сонячної радіації, що падає на горизонтальну поверхню

Індивідуальний житловий об'єкт забезпечений безпосереднім під'єднанням до системи електропостачання. Втім, ключовою метою інтеграції сонячних панелей є скорочення витрат на електрику та забезпечення надійного енергозапасу для дому у ситуаціях, коли можливі перебої з зовнішньої електросіті

Основне енергоспоживання будинку здійснюється наступними приладами:
Таблиця 3.2 - Обладнання будинку яке використовується усіма членами сім'ї з 5ти осіб:

Назва	Кільк., шт	Потужність, Вт	Кільк. год. роботи за добу	Споживана енергія за добу, кВт*год
Холодильник	1	150	10	1500
Ел. чайник	1	2000	0.2	400
Лампи Енергозберігаючі	4	8	2.5	80
Електрична плита + духовка	1	1700	1	1700

Продовження таблиці 3.2

Телевізор – 1	1	700	1	700
Телевізор – 2	1	500	2	1000
Бойлер	1	1600	1	1600
Мікрохвильовка	1	1200	0.1	120
Моб. телефон (заряджання)	5	10	0.5	25
Ноутбук	1	100	1.5	150
Разом за добу				7.275

Оскільки енергоспоживання домашніми приладами міняється залежно від пір року, ви зазнаєте змін у потребах електроенергії у холодні місяці, порівняно з теплим періодом. В Україні, опалювальний сезон традиційно триває з жовтня по квітень, тому графік споживання електроенергії значною мірою залежить від цих місяців, згідно з реєстраціями електролічильника. 2023 рік, складає 186 – 224,967 кВт*год, сума за рік – **2487,084**кВт*год (табл. 2.2)

Таблиця 3.3 – Навантаження споживача

Період	Потужність,кВт	Споживання протягом року,кВт*год
1)Січень	7,257	224,967
2)Лютий	7,257	203,196
3)Березень	7,257	224,967
4)Квітень	7,257	217,71
5)Травень	6,2	192,2
6)Червень	6,2	186
7)Липень	6,2	192,2
8)Серпень	6,2	186
9)Вересень	6,2	192,2
10)Жовтень	7,257	224,967
11)Листопад	7,257	217,71
12)Грудень	7,257	224,967
Сума за рік	156,82	2487,084

3.2 Визначення необхідного кута нахилу панелей сонячної електростанції

Як вже зазначалось, сонячна електростанція перетворює енергію сонця на електрику, тож перед тим, як визначити потрібну кількість та тип сонячних панелей, слід точно розрахувати робочий режим фотоелектричних модулів: чи будуть вони працювати впродовж усього року чи лише посезонно.

Виробництво електроенергії через фотоелектричні модулі залежить не лише від інтенсивності сонячної радіації, але й від кута падіння сонячних променів на поверхню цих модулів, тобто кута β . Ефективність генерування енергії є найвищою, коли сонячні промені падають на модулі перпендикулярно, забезпечуючи найбільшу густину потоку радіації.

Варто зазначити, що зі зміною цього кута, густину потоку сонячної радіації знижується, і внаслідок цього частина сонячної енергії може відбиватися, а не абсорбуватися модулями.

Для правильного обчислення інсоляції на нахилену поверхню, важливо врахувати основні сонячні кути.

У випадку якщо йдеться про визначення оптимального кута нахилу сонячних електричних модулів (СЕМ), співвідношення кута нахилу до ефективності перетворення сонячної енергії може бути знайдене за допомогою різноманітних розрахунків, одна з формул:

$$\beta = 90 - \alpha;$$

де α – кут між горизонтальною площею та сонцем. На світанку цей кут становить 0^0 і він зростає аж до 90^0 у момент коли Сонце досягає своєї найвищої точки на небосхилі в зеніті.

$$\text{Впливає, що кут висоти для опівдня: } \alpha = 90 - \phi + \delta,$$

$$\text{де } \phi - \text{широта, у випадку, що ми розглядаємо } \phi = 50.16^0$$

δ – Кут нахилу Сонця до Землі визначається як кут між площиною екватора та умовною лінією, яка з'єднує центри Землі і Сонця.

Формула для обчислення сонячного схилення:

$$\delta = 23,45 \times \sin\left(\frac{360}{365} (284 + N)\right)$$

N – це порядковий номер дня.

Визначимо оптимальний кут нахилу СП обираючи один день з кожного місяця

$$N = [13 \ 42 \ 73 \ 106 \ 134 \ 169 \ 195 \ 224 \ 253 \ 284 \ 322 \ 355];$$

Тоді відповідно до формул:

Приклад для Січня:

$$\delta = 23,45 * \sin\left(\frac{360}{365} (284 + N)\right) = 23,45 * \sin\left(\frac{360}{365} (284 + 13)\right) = -21,597^\circ$$

$$\alpha = 90 - \phi + \delta = 90 - 50,16 + (-21,597) = 18,243^\circ$$

$$\beta = 90 - \alpha = 90 - 18,243 = 71,757^\circ$$

Перерахунок для всього року представлений в табл.3.3

Таблиця 3.4 – Кут схилення Сонця та необхідний кут нахилу для кожного місяця

Період	N	δ (рад.)	δ (град.)	α	β
Січень	13	-0,38	-21,597	18,243	71,757
Лютий	42	-0,25	-14,587	25,253	64,747
Березень	73	-0,06	-3,219	36,621	53,379
Квітень	106	0,17	9,783	49,623	40,37
Травень	134	0,32	18,548	58,388	31,612
Червень	169	0,41	23,413	63,253	26,747
Липень	195	0,38	21,675	61,515	28,485
Серпень	224	0,26	14,744	54,584	35,416
Вересень	253	0,07	4,216	44,056	45,944
Жовтень	284	-0,14	-8,105	31,735	58,265
Листопад	322	-0,35	-19,821	20,019	69,981
Грудень	355	-0,41	-23,45	16,39	73,61

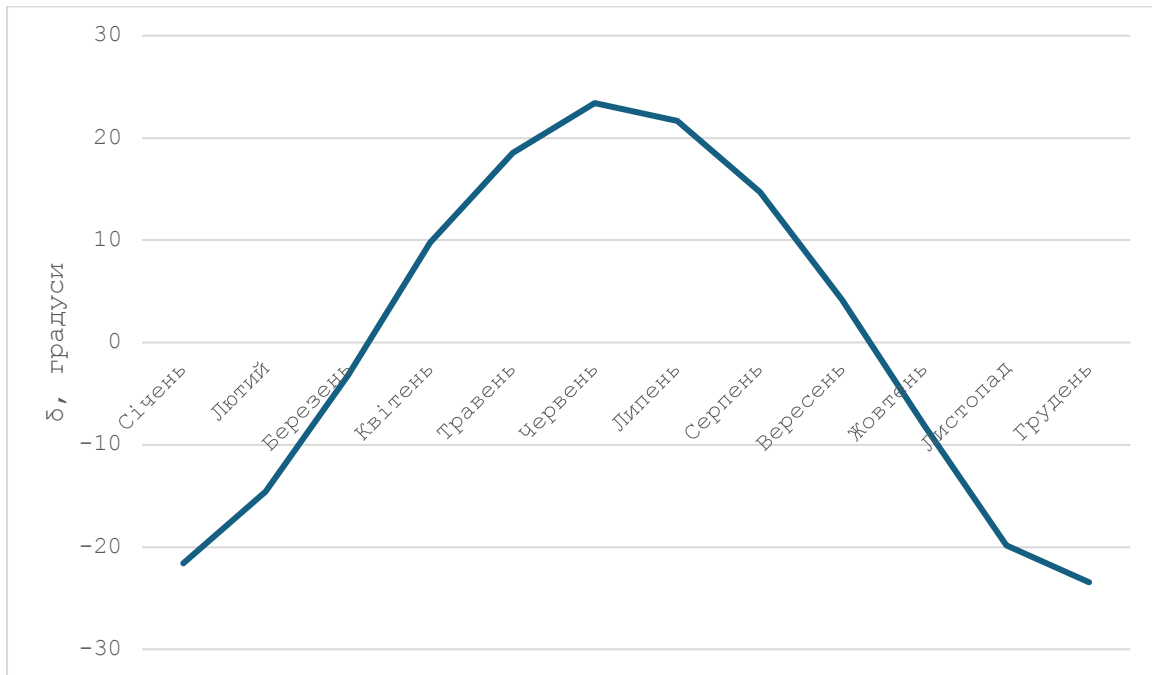


Рисунок 3.2 - кут схилення Сонця протягом цілого року

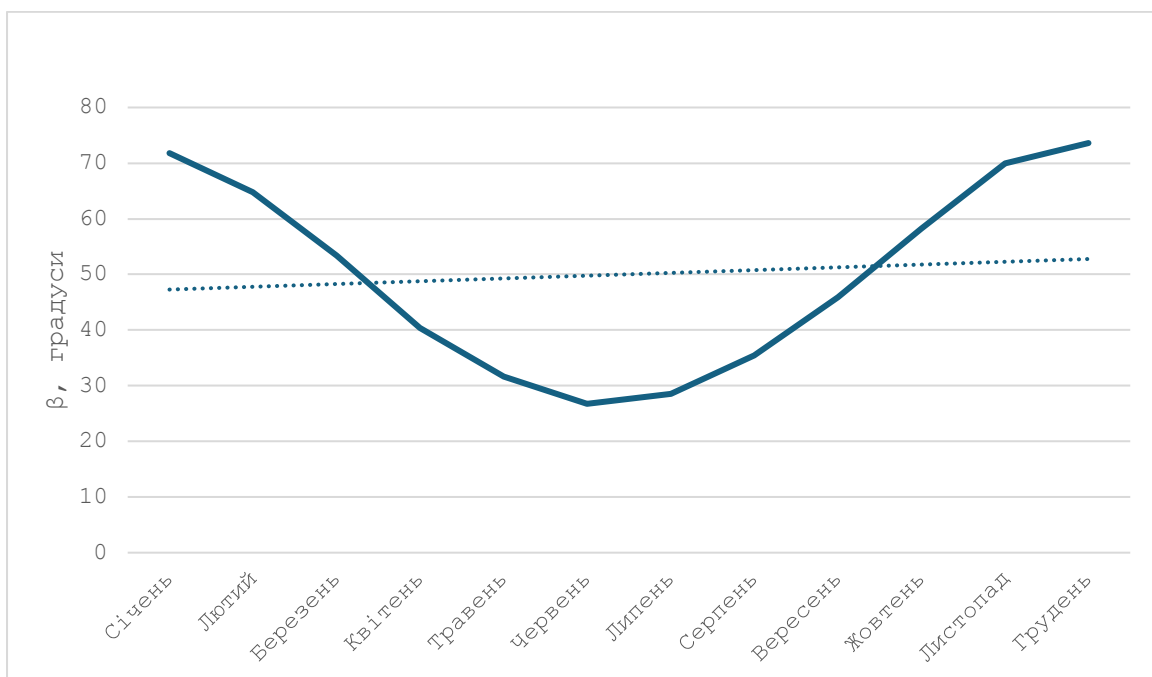


Рисунок 3.3 – необхідний кут нахилу поверхні

Базуючись на отриманих значеннях кутів, ми провели апроксимацію та визначили оптимальний кут нахилу ФЕМ (фотоелектричного модуля) відповідно до широти місцезнаходження. Згідно з рис.3.3, оптимальний кут β дорівнює 50 градусам. У цьому куті є ще один фактор, що сприяє його оптимальності - він уникає накопичення снігу на поверхні ФМ. Це особливо важливо в період року, коли кут природного нахилу становить 30-40 градусів, оскільки це дозволяє панелям ефективно генерувати енергію навіть у цей час.

3.3 Розрахунок сонячної радіації для м. Київ на похилу поверхню протягом заданого робочого періоду

Для обчислення інтенсивності сонячного світла для кожного місяця, відображеного в Таблиці 3.1, в кіловат-годинах на квадратний метр, зробимо декілька обчислень:

Січень:

Пряме сонячне випромінювання, що настає рівну поверхню.:

$$25 \text{ МДж/м}^2 * 0,2777777 = 6,94 \text{ кВт*год / м}^2$$

Розсіяне сонячне випромінювання:

$$71 \text{ МДж/м}^2 * 0,2777777 = 19,72 \text{ кВт*год / м}^2$$

Сумарна інтенсивність сонячного випромінювання на пряму поверхню:

$$96 \text{ МДж/м}^2 * 0,2777777 = 26,67 \text{ кВт*год / м}^2$$

Розрахунки, що вийшли для повного року наведені нижче в табл.3.5

Таблиця 3.5- інтенсивність сонячного світла у м. Київ за розрахунками для цілого року

Період	Пряме сонячне випромінювання, що падає на рівну поверхню, кВт*год/м2	Розсіяне сонячне випромінювання, кВт*год/м2	Загальна кількість сонячної радіації, кВт*год/м2	Альбедо
Січень	6,94	19,72	26,67	0,6
Лютий	15,00	26,67	41,67	0,6
Березнь	36,11	47,78	83,89	0,3
Квітень	53,61	62,78	116,39	0,2
Травень	82,50	79,17	161,67	0,2
Червень	98,89	83,89	182,78	0,2
Липень	95,56	81,39	176,94	0,2
Серпень	82,50	66,39	148,89	0,2
Вересень	56,94	48,89	105,83	0,2
Жовтень	29,17	33,89	63,06	0,2
Листопад	6,94	17,50	24,44	0,3
Грудень	4,72	13,89	18,61	0,6
За рік	568,89	581,94	1150,83	0,23

Значення сумарної сонячної радіації, яка надходить на підняту під кутом $50,16^0$ горизонтальну поверхню, фактично дорівнює:

$$E = B * R_B + D * R_D + H * R_R, \text{ кВт*год} / \text{ м}^2$$

Де B, D і H представляють собою пряме, дифузне і загальне випромінювання, спрямоване на горизонтальну поверхню кВт*год / м².

R_B – коефіцієнт нахилу панелі

R_D – кутовий коефіцієнт розсіяної радіації:

$$R_D = \frac{1 - \cos(\beta)}{2}$$

R_R – кутовий коефіцієнт прямої і розсіяної радіації:

$$R_R = \rho * \frac{1 - \cos(\beta)}{2}$$

β – кут нахилу панелі до горизонту ($50,16^0$)

ρ – альбедо

Зробимо розрахунок для Січня:

R_b – У табл. 3.6 наведено коефіцієнт нахилу поверхні панелі для широти 50,16

Таблиця 3.6 – Коефіцієнт нахилу поверхні для широти 50,16:

Період	R_b
Січень	3,56
Лютий	2,49
Березнь	1,65
Квітень	1,16
Травень	0,9
Червень	0,8
Липень	0,84
Серпень	1,02
Вересень	1,44
Жовтень	2,1
Листопад	3,16
Грудень	4,04

R_D – кутовий коефіцієнт розсіяної радіації:

β – це кут під яким нахилена поверхня 50,16°

$$R_d = \frac{1 - \cos(\beta)}{2} = \frac{1 + \cos(50)}{2} = 0,982$$

R_R – кутовий коефіцієнт прямої та розсіяної радіації:

$$R_r = \rho * \frac{1 - \cos(\beta)}{2} = 0,6 * \frac{1 - \cos(50)}{2} = 0,01$$

Сумарна сонячна радіація, що падає на поверхню під кутом 50,16° відносно горизонту догоризонту:

$$E = B * R_b + D * R_D + H * R_R = 6,94 * 3,56 + 19,72 * 0,982 + 26,67 * 0,01 = 44,36 \text{ кВт*год/м}^2$$

Таблиця 3.7 – Інтенсивність сонячного випромінювання на похилу поверхню

Період	Rb	Rd	Rr	Сумарна інсоляція на похилу поверхню, кВт*год/м2
Січень	3,56	0,982	0,01	44,36
Лютий	2,49	0,982	0,009	63,91
Березень	1,65	0,982	0,006	107,00
Квітень	1,16	0,982	0,003	124,19
Травень	0,9	0,982	0,003	152,48
Червень	0,8	0,982	0,003	162,04
Липень	0,84	0,982	0,003	160,72
Серпень	1,02	0,982	0,003	149,79
Вересень	1,44	0,982	0,003	130,33
Жовтень	2,1	0,982	0,004	94,78
Листопад	3,16	0,982	0,005	39,25
Грудень	4,04	0,982	0,008	32,87
За рік				1414,19

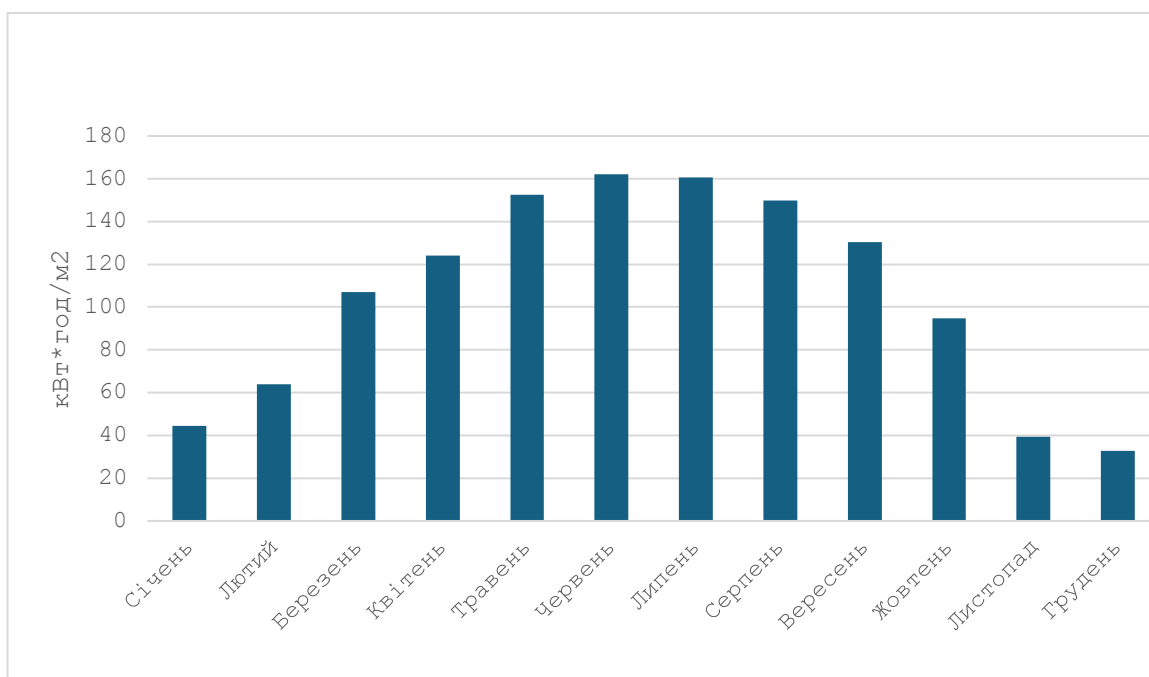


Рисунок 3.4 – інтенсивність сонячного світла на похилу поверхню в м. Київ

3.4 Вибір обладнання

3.4.1 Вибір сонячних панелей

Сонячні панелі вибираються на основі обчислень необхідної потужності та наявного бюджету. Рекомендується обирати батареї з максимальною або середньою потужністю із ККД не менше 17%.

Монокристалічні ФМ відрізняються високою ефективністю завдяки використанню однорідних кристалів кремнію у їх комірках. Завдяки цим коміркам фотомодуль може виробляти енергію в кількості, подібній до полікристалічного модуля, при менших розмірах самої панелі. Оскільки місця в нас не багато, через те, що розглядається приватний будинок, тому обираємо саме цей тип. Та слід відзначити, що вартість монокристалічних панелей є трохи вищою. Ураховуючи низьку інсоляцію з 11го місяця (листопад) по 2гий місяць (лютий) (згідно таблиці 3.7), тому обираємо саме цей тип ФМ **LP Longi Solar Half-Cell 450** (дод В.а).

Далі визначимо площу Фотоелектростанції та кількість модулів які потрібно задіяти

Із характеристик ФП ми приймаємо довжину $l = 2,1\text{м}$, ширина $d = 1,4\text{ м}$ з рамкою, для більш точного розрахунку приймемо 0,9% від заданих параметрів відкинувши рамки:

$l_0 = l * 0,9 = 2,1 * 0,9 = 1,89\text{ м}$ – тут ми розраховуємо довжину активної частини без рамки

$d_0 = d * 0,9 = 1,4 * 0,9 = 1,26\text{ м}$ – тут ми розраховуємо ширину активної частини без рамки

Тепер розрахуємо загальну площу 1го ФМ з активною частиною та без:

$$S_{\text{ФМ}} = l * d = 2,1 * 1,4 = 2,94\text{ м}^2 \text{ – загальна площа ФМ}$$

$S_0 = l_0 * d_0 = 1,89 * 1,26 = 2,38\text{ м}^2$ – загальна площа активної частини без врахування рамок

В характеристиках вказано, що потужність фотомодуля = 450 Вт, але вона може бути завищеною, для цього ми беремо 0,95% потужності від загальної для

більш точного розрахунку:

$$P_{\text{фм}} = 450 * 0,95 = 0,427 \text{ кВт}$$

Тепер розрахуємо загальну площу усіх фотомодулів:

$$S_{\text{фес}} = \frac{P_{\text{нав}}}{P_{\text{фм}}} = \frac{7,257}{0,427} = 17 \text{ м}^2 - \text{загальна площа для всіх ФМ}$$

Тепер розрахуємо скільки ФП потрібно встановити за допомогою формули:

$$N_{\text{фп}} = \frac{S_{\text{фес}}}{S_0} = \frac{17}{2,38} = 7,14 \approx 18 \text{ шт}$$

Потужність ФЕС розраховується за формулою:

$$P_{\text{ФЕС}} = N_{\text{фп}} * P_{\text{фм}} = 18 * 0,427 = 7,686 \approx 8 \text{ кВт}$$

Враховуючи кількість фотомодулів тепер можна розрахувати загальну площу нашої електростанції за формулою:

$$S = N_{\text{фп}} * S_{\text{фм}} = 18 * 2,94 = 52,92 \approx 53 \text{ м}^2$$

3.4.2 Вибір Інвертора:

Інвертор у сонячній електростанції є ключовим компонентом і виконує декілька важливих функцій:

- **Зміна постійного струму на змінний:** Фотовольтаїчні панелі генерують постійний струм (DC), але більшість зовнішніх електричних систем та приладів використовують змінний струм (AC). Інвертор перетворює DC струм з панелей на AC струм, що зручно для використання в побутових, комерційних і промислових системах.

- **Синхронізація з мережею:** Інвертори можуть синхронізуватися з електромережею, що дозволяє сонячній електростанції надсилати надлишкову електроенергію назад до мережі (це називається "зворотний зв'язок" або "мережовим зв'язком"). Таким чином, надлишкова сонячна енергія може бути використана іншими споживачами або навіть продана постачальнику електроенергії.

- **Моніторинг та управління:** Багато інверторів обладнані системами моніторингу, які дозволяють власникам станції контролювати та відстежувати продуктивність сонячної системи в режимі реального часу. Це дає можливість оперативно виявляти проблеми та здійснювати планове обслуговування.

- **Максимізація продуктивності:** Деякі інвертори також оснащені розумними алгоритмами, які оптимізують роботу сонячної системи, щоб максимізувати виробництво електроенергії залежно від умов освітленості і температури.

Отже, інвертор у сонячній електростанції грає важливу роль у забезпеченні коректного та ефективного функціонування сонячної системи та інтеграції її з електромережею.

Для забезпечення надійності і оптимальної продуктивності сонячної електростанції, важливо, щоб потужність інвертора перевищувала потужність фотоелектричних панелей (ФЕС) не менше ніж на 25%. Це страхова міра, яка дозволяє врахувати можливі перенавантаження системи під час днів із високою сонячною інсоляцією, коли генерація фотоелектричних модулів може досягати великих значень. Такий розрахунок допомагає забезпечити ефективну роботу сонячної системи та мінімізувати ризик втрати потужності внаслідок перевищення її можливостей.

$$P_{\text{інв}} = 1,25 * P_{\text{ФЕС}} = 1,25 * 8 = 10 \text{ кВт}$$

Так як ми розглядаємо мережевий тип підключення, то і інвертор повинен бути мережевим. З найбільш типових обираємо інвертор **ABi-Solar HT 10K3P** (Дод. В.6):

3.4.3 Розрахунок генерації фотоелектричної станції

Оскільки робоча напруга інвертора це 220В, далі потрібно розрахувати к-сть послідовних з'єднань фотомодулів:

$$N_{\text{фмпос}} = \frac{U_{\text{інв}}}{U_{\text{фм}}} = \frac{220}{41,5} = 5,3 \approx 6 \text{ шт}$$

Оскільки нам відома загальна к-сть ФМ, можна розрахувати скільки буде паралельних секцій:

$$N_{\text{фмпар}} = \frac{N_{\text{фп}}}{N_{\text{фмпос}}} = \frac{18}{6} = 3 \text{ шт}$$

Тепер розрахуємо генерації фотоелектричної станції за формулою:

$$E_{\text{генФЕС}} = S_0 * N_{\text{фп}} * \eta_{\text{фм}} * \eta_{\text{інв}} * I_{\text{міс}}$$

$$S_0 = l_0 * d_0 = 1,89 * 1,26 = 2,38 \text{ м} - \text{активна частина}$$

$$N_{\text{фп}} - 18 \text{ шт}$$

$$\eta_{\text{фм}} - 20,7\% \text{ ККД модуля}$$

$$\eta_{\text{інв}} - 99,9\% \text{ ККД інвертора}$$

$$I_{\text{міс}} - \text{середня СР дня, наприклад у Січні} = 44,36 \text{ кВт*год/м}^2$$

$$E_{\text{генФЕС}} = 2,38 * 18 * 0,207 * 0,99 * 44,36 = 389,445 \text{ кВт * год}$$

Такий розрахунок робимо для кожного місяця та робимо порівняння генерації та споживання у таблиці 3.8:

Таблиця 3.8 – Генерації та споживання протягом року

Період	Генерація, кВт*год	Споживання,кВт* год
Січень	389,44	224,967
Лютий	561,07	203,196
Березнь	939,37	224,967
Квітень	1090,28	217,71
Травень	1338,65	192,2
Червень	1422,58	186
Липень	1410,99	192,2
Серпень	1315,03	186
Вересень	1144,19	192,2
Жовтень	832,09	224,967
Листопад	344,58	217,71
Грудень	288,57	224,967
За рік	4813,35	1362,24

Роблячи висновки із таблиці 3.8 можна побачити що генерація набагато перевищує споживання, тому можна зазначити, що спроектована станція покриває потреби споживача, а надлишок продається у мережу за зеленим тарифом.

3.4.4 Підбір кабеля

Щоб здійснювати бесперебойне електроенергопостачання потрібно обрати кабелі, що підійдуть за технічними характеристиками за умов нормальної роботи та аварійних ситуацій, що можуть статись.

- По-перше, потрібно вибрати модульні кабелі, що будуть з'єднувати ФМ у одній секції. Такі кабелі повинні бути з 2 шарами ізоляції для забезпечення уникнення КЗ на випадок аварійних ситуацій. Вони мають витримувати 125% КЗ модулів.

Рахуються вони за допомогою даної формули:

$$I_m = 1,25 * I_{kzFM} = 1,25 * 11,4 = 14,25 \text{ A}$$

Тобто кабель повинен бути розрахований на 14,25А струму КЗ

- По – друге потрібно обрати секційний кабель – кабель, який об'єднує повну секцію та заводить струм у коробку, де поєднані кабелі з інших секцій.

Якщо немає секційного запобіжника, то тоді робимо розрахунки таким чином:

$$I_c = 1,25 * (N_{\text{фмпар}} - 1) * I_{kzFM} = 1,25 * (3 - 1) * 14,25 = 35,625 \text{ A}$$

З цього розрахунку випливає, що секційний кабель повинен витримувати 35,625А

- По – третє потрібен магістральний кабель – за допомогою цього кабеля іде струм від коробки з'єднань до кожної секції. Він з'єднує коробку з терміналом інвертора.

$$I_{mag} = 1,25 * N_{\text{фмпар}} * I_{kzFM} = 1,25 * 3 * 14,25 = 53,44 \text{ A} \approx 54 \text{ A}$$

- По-четверте потрібно обрати живильний кабель – він поєднує вихідний термінал інвертора з мережою споживача.

$$I_{zh} = \frac{P_{\text{інв}}}{U} = \frac{10000}{220} = 45,46\text{А}$$

Таблиця 3.9 – Параметри кабелів

Кабель	струм, А
Модульний	14,25
Секційний	36,625
Магістральний	53,44
Живильний	45,46

Отже тепер потрібно обрати площу переріза кожного кабеля, опираючись на струми, що були розраховані вище:

Таблиця 3.10 – перерізами мідного кабеля [5]

Переріз струмопровідно ї жили, мм ²	Струм, А, для кабелів				
	Одножильні	Двожильні		Трижильні	
	При прокладці				
	В повітрі	В повітрі	В землі	В повітрі	В землі
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	90

Обираючи дані з табл. 3.10 зробимо підбір кабелів

Таблиця 3.11 – Площа перерізу кабеля відповідно до виду кабеля

Кабель	розрахунковий струм, А	Площа перерізу кабеля, мм ²	Кількість жил у проводі, шт	Макс. допустимий струм, А
Модульний	14,25	1,5	2	19
Секційний	36,625	4	2	38
Магістральний	53,44	10	3	55
Живильний	45,46	10	3	55

Дана модель кабеля часто використовується для електроприладів з'єднаних з електромережою, де номінальна напруга = 380В.

Тепер потрібно розрахувати втрати кабеля:

1) Втрати напруги:

$$U_{vtr} = I * R_0 * L$$

L – довжина кабеля

I – струм, який проходить по кабелю

$R_0 = \frac{p}{s}, \frac{\text{Ом}}{\text{м}}$ – Опір, вимірюваний в одиницях довжини струмопровідної

жили

s – переріз дроту

p- питомий опір міді = 0,017 Ом*мм²

Втрати потужності рахуються за допомогою формули:

$$P_{vtr} = I * U_{vtr}, \text{Вт}$$

2) Розрахуємо довжини кабелів:

Модульний кабель:

$$L_{mod} = N_{фп} * (l * d) = 18 * (2,1 + 1,4) = 63\text{м}$$

Секційний кабель:

$$L_{sek} = N_{фппар} * (l * N_{фппос}) = 18 * (2,1 + 8) = 181,8м \approx 182м$$

Магістральний кабель:

Беремо $L_{mag} = 50м$

Живильний кабель:

Беремо $L_{zh} = 50м$

Таблиця 3.12 – Параметри струмоведучих частин фотоелектричної станції

Кабель	Розрахунковий струм, А	Площа перерізу кабеля, мм ²	опір міді, ρ , Ом*мм ²	Довжина кабелю, м
Модульний	14,25	1,5	0,017	63
Секційний	36,625	4		182
Магістральний	53,44	10		50
Живильний	45,46	10		50

Таблиця 3.13 – Втрати кабелів

Кабель	Опір одиниці довжини проводу, Ом*м	Втрати напруги, В	Втрати потужності, Вт
Модульний	0,011	10,17	144,99
Секційний	0,004	28,33	1037,57
Магістральний	0,002	4,54	242,75
Живильний	0,002	3,87	175,97

Втрати кабеля дорівнюють:

$$V_{zag} = 100 * (P_{vtrmod} + P_{vtrsec} + P_{vtrmag} + P_{vtrzh}) / (P * 1000) = 13,3\%$$

3.4.5 Підбір лічильника, що рахує електроенергію

Лічильник електроенергії є важливим пристроєм в електропостачанні з кількома ключовими функціями:

- **Вимірювання споживаної електроенергії:** Лічильник фіксує кількість електроенергії, яку споживач використовує протягом певного періоду часу. Це дозволяє точно обчислити витрати споживача на електроенергію і відправляти рахунки за цей споживаний обсяг.
- **Фіксація часових інтервалів:** Деякі лічильники можуть реєструвати споживану енергію в різні часові інтервали, такі як денні, нічні або пікові години. Ця інформація може бути використана для розрахунку різноманітних тарифів електропостачання.
- **Контроль споживання:** Лічильники дозволяють споживачам відслідковувати своє щоденне, місячне і річне споживання електроенергії. Це може допомогти виявити зайві витрати і долучити до збереження енергії.
- **Підтримка для регуляторів:** Лічильники надають інформацію, необхідну для контролю електропостачання та регулювання електромережі. Вони допомагають управляючим компаніям та владі забезпечити надійне постачання електроенергії для всіх користувачів.

Отже, лічильник електроенергії є важливою складовою електропостачання, яка допомагає вимірювати, контролювати та регулювати споживану електроенергію для ефективного функціонування електромережі та розрахунку рахунків.

Для даної роботи було обрано лічильник **NIK 2104 AP2T.1802.MC.11** (дод В.в)

РОЗДІЛ 4

СТАРТАП ПРОЕКТ

4.1 Основа стартапу

- **Назва проекту:** *SolarHouse1.1*. Проект «Система комбінованого енергозабезпечення приватного будинку за рахунок енергії сонячного випромінювання». Ця ідея стартапу може бути цікавою та корисною для розвитку енергоефективних систем житла.
- **Дослідницька робота та аналіз:** Провести дослідження щодо потреб і можливостей у сфері енергозабезпечення приватних будинків за допомогою сонячної енергії. Вивчення існуючих технологій та інновацій в цій галузі.
- **Розробка концепції:** Розроблення концепції системи комбінованого енергозабезпечення для приватного будинку. Визначення основних параметрів, таких як тип сонячних панелей, акумуляторів, сонячних колекторів, інверторів та систем управління.
- **Проектування та інжиніринг:** Створення проекту системи, включаючи розміщення сонячних панелей на даху будинку, підключення до електричної мережі та зберігання енергії в акумуляторах. Можливості підключення до мережі для продажу надлишкової енергії.
- **Виготовлення та випробування:** Реалізація проекту, виготовивши прототип системи та провівши випробування для оцінки її ефективності та надійності в різних погодних умовах.
- **Розробка програмного забезпечення:** Розроблення програмного забезпечення для моніторингу та управління системою, щоб власники будинків могли контролювати та оптимізувати споживання енергії.
- **Ефективність та стабільність:** Проведіть довгострокові дослідження щодо ефективності системи та її стабільності протягом тривалого періоду роботи.
- **Фінансування та інвестиції:** Залучення фінансування для розвитку та впровадження стартапу. Можливості отримання грантів, інвестицій або співпраці з енергетичними компаніями.

- **Патентування:** Захист інтелектуальної власності та технологічної розробки, подавши на патенти.
- **Впровадження та розвиток:** Впровадження системи енергозабезпечення у приватних будинках, співпрацюючи з будівельними компаніями та рекламуючи рішення серед клієнтів.

4.2 Практична частина стартапу опираючись на розрахунки дипломного проекту:

4.2.1 Розрахуємо вартість мережевої сонячної електростанції

Вартість мережевої сонячної електростанції зображено в табл. 4.1
Ціна обладнання та монтажних робіт вказана у гривнях

Таблиця 4.1 – Вартість встановлення мережевої сонячної електростанції

Обладнання	Ціна за одиницю товару, грн	Кількість, шт (м)	Сумарна ціна, грн
СП Longi Solar Half-Cell 450	6300	18	113400
інвертор ABi-Solar HT 10K3P:	198405	1	198405
лічильник NIK 2104 AP2T.1802.MC.11	2604	1	3 850
ПВС2*1.5 мм²	23	63 (м)	1449
ПВС2*4 мм²	60	182 (м)	10920
ПВС3х10 мм²	128	100 (м)	12800
Система кріплення EcoFlow	1667	18	30000
Монтаж	-	-	18000
Сумарно	-	-	392424

4.2.2 Витрати на ремонт

У випадку із сонячними панелями є 2 види ремонтів:

1) Капітальний ремонт – це ремонт який проводять раз на 10 років.

Спочатку зробимо розрахунок для капітального ремонту, він складає 5%

(k_1) від усіх витрат на сонячну електростанцію. Враховуючи те що сонячна електростанція має свій термін експлуатації приблизно 25 років, то капітальних ремонтних робіт буде 2. Розрахуємо за формулою скільки знадобиться грошей для того щоб провести капітальні ремонти:

$$K_{kap} = K_{ses} * k_1 * 2 = 39243 \text{ грн}$$

2) Ремонт що роблять раз на рік для того щоб відслідковувати зношення облаштування.

Зробимо розрахунок для звичайного ремонту, він складає 1% (k_2) від усіх витрат на сонячну електростанцію. Враховуючи те що сонячна електростанція має свій термін експлуатації приблизно 25 років, то капітальних ремонтних робіт буде 25. Розрахуємо за формулою скільки знадобиться грошей для того щоб провести поточні ремонти:

$$K_{pot} = K_{ses} * k_2 * 25 = 98160 \text{ грн}$$

4.2.3 Окупність проекту

У цьому пункті представлений розрахунок окупності СЕС, що підключена до мережі:

Таблиця 4.2 – Прибуток, що може принести сонячна електростанція за рік

Місяць	Генерація кВт*год	Споживання, кВт*год	Надлишок, кВт*год	Прибуток, грн
Січень	389,44	224,97	164,473	1093,745
Лютий	561,07	203,2	357,874	2379,862
Березнь	939,37	224,97	714,403	4750,78
Квітень	1090,3	217,71	872,57	5802,591
Травень	1338,7	192,2	1146,45	7623,893
Червень	1422,6	186	1236,58	8223,257
Липень	1411	192,2	1218,79	8104,954
Серпень	1315	186	1129,03	7508,05
Вересень	1144,2	192,2	951,99	6330,734
Жовтень	832,09	224,97	607,123	4037,368
Листопад	344,58	217,71	126,87	843,6855
Грудень	288,57	224,97	63,603	422,96
За рік	11076,84	2487,08	8589,75	57121,88

Далі розрахуємо скільки часу знадобиться для того, щоб окупити проект:

Таблиця 4.3 – Термін окупності та сума прибутку

рік	Прибуток, грн	Вартість СЕС, грн	Сума, яку принесе СЕС за термін експлуатації, грн
1	57122	392424	-335302
2	114243,8	396350	-282106
3	171365,6	400276	-228910
4	228487,5	404202	-175714
5	285609,4	408128	-122519
6	342731,3	412054	-69322,7
7	399853,2	415980	-16126,8
8	456975	419906	37069,04
9	514096,9	423832	90264,92
10	571218,8	447380	123838,8
11	628340,7	451306	177034,7
12	685462,6	455232	230230,6
13	742584,4	459158	283426,4
14	799706,3	463084	336622,3
15	856828,2	467010	389818,2
16	913950,1	470936	443014,1
17	971072	474862	496210
18	1028194	478788	549405,8
19	1085316	482714	602601,7
20	1142438	506262	636175,6
21	1199559	510188	689371,5
23	1256681	514114	742567,4
24	1313803	518040	795763,2
25	1370925	521966	848959,1

Спираючись на розрахунки у таблиці 4.3 можна спостерігати, що за 8 років експлуатації станція, що розроблялась у даному проекті почне себе не лише окупати, а ще й приносити прибуток за рахунок електроенергії, що продається у мережу за «зеленим тарифом», що становить 6,65 грн за 1кВт*год.

Протягом 25 років експлуатації дана сонячна електростанція принесе 848959,1 грн прибутку.

4.2.4 Розрахунок вартості обладнання для СК

Ціна обладнання та монтажних робіт вказана у гривнях

№	Обладнання	Ціна, грн	Кількість	Сума, грн
1.	Сонячний колектор Hewalex KS2100F TLP AC	20 000	5 шт.	100 000
2.	Бак-акумулятор Drazice NAD 750 v4	45 000	1 шт.	45 000
3.	Контролер Tech ST-21 SOLAR	2 000	1 шт.	2 000
4.	ТЕН виробництва ТОВ «ТЕПЛОМАШ» потужністю 24 кВт	40 000	1 шт.	45 000
5.	Циркуляційний насос Hewalex ALEX HX 10	20 000	1 шт.	20 000
6.	Розширювальний бак	4000	1 шт.	6000
7.	Система кріплень	1 500	5 шт.	15 000
8.	Трубопровід	450	30 м	18 000
9.	Теплоізоляція	50	30 м	2 500
10.	Інші витрати на комплектуючі	10000	1 шт.	5000
Загальна вартість обладнання			258500	
11.	Витрати на проєкт та монтаж системи (20 % від вартості обладнання)		51700	
Загальна вартість встановлення системи			310200	

Розрахуємо окупність цієї системи:

Для встановлення вигідності системи, було проведено аналіз фінансових аспектів витрат на гаряче водопостачання в умовах закупівлі гарячої води в місцевих комунальних підприємствах.

На протязі одного сезону сонячна система здатна згенерувати 5340,237 кВт*год, або $5340,237 * 3600 = 1,922 * 10^7$ кДж енергії. За нагрівання води на 41 градус, як встановлено у завданні цього проєкту, можна нагріти наступний об'єм води:

$$V = \frac{\sum Q}{C_p * \Delta T} = 1,121 * 10^5 \text{ л} = 121,1 \text{ м}^3$$

З врахуванням тарифу «Київтеплоенерго» 97,89 грн гарячої води, УСГВ дозволить заощадити:

$$C = V * C_{gvp} = 121,1 * 97,890 = 11854,47 \text{ грн}$$

Таким чином повний термін окупності даного проекту буде становити:

$$C_{okyp} = \frac{C_{zag}}{C} = \frac{310200}{11854,47} = 26,16 \approx 26 \text{ років}$$

З економічної точки зору дана система не є вигідною, проте має сенс встановлювати систему задля отримання незалежного джерела гарячого водопостачання. Тим паче, що термін експлуатації сонячного колектора до 50ти років. Також є сенс використати дешевше обладнання, що зменшить вартість системи, а значить і термін окупності системи.

4.3 Висновок

Проект «*SolarHouse1.1*» є надзвичайно обіцяючим та інноваційним стартапом, спрямованим на розробку та впровадження системи комбінованого енергозабезпечення для приватних будинків за рахунок енергії сонячного випромінювання. В ході аналізу та дослідження було виявлено великий потенціал цього проекту в розвитку сталого та енергоефективного житла.

Система «*SolarHouse1.1*» передбачає використання передових технологій сонячних панелей, акумуляторів, інверторів та систем управління для генерації, зберігання та розподілу сонячної енергії, що забезпечує незалежність від традиційних джерел електроенергії та сприяє зменшенню викидів забруднюючих речовин.

Бізнес-план та стратегія маркетингу детально розроблені для виведення продукту на ринок та залучення клієнтів. Залучення фінансування та інвестицій також розглядається як важлива складова успіху проекту.

Усе це дозволяє зробити висновок, що проект «*SolarHouse1.1*» має великий потенціал для реалізації та може стати важливим кроком у розвитку енергоефективного та екологічного будівництва.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

"Охорона праці для сонячних електросистем та сонячних колекторів під час проектування енергозабезпечення приватного будинку" є надзвичайно важливим у забезпеченні безпеки робітників під час встановлення та експлуатації сонячних систем. Правильна система охорони праці допомагає запобігти травмам та негативному впливу на здоров'я, а також забезпечує ефективну та безпечну роботу.

Основні аспекти охорони праці для сонячних електросистем та сонячних колекторів включають в себе:

Запобігання ураженням електрикою: Запобігання ураженням електрикою є вельми важливою складовою охорони праці при роботі з сонячними електросистемами та сонячними колекторами. Електрична безпека може бути досягнута шляхом дотримання спеціальних правил та заходів безпеки. Ось деякі рекомендації та заходи для запобігання ураженням електрикою під час робіт з сонячними системами:

Кваліфікація та навчання: Всі робітники, які працюють з електричними компонентами сонячних систем, повинні мати відповідну кваліфікацію та навчання щодо безпечного використання та обслуговування електричних систем.

Відключення електроенергії: Перед розпочатком будь-яких робіт, пов'язаних зі сонячними панелями або іншими електричними компонентами, важливо переконатися, що електроенергія відключена та система розряджена.

Ізоляція та захист: Всі компоненти сонячної системи повинні бути належно ізольовані та захищені від потенційного контакту з людьми або тваринами.

Використання інструментів та обладнання: Робітники повинні використовувати ізольовані інструменти та обладнання для монтажу та обслуговування сонячних систем.

Постійна перевірка стану системи: Регулярно перевіряйте стан всіх електричних компонентів, включаючи кабелі, підключення та інші деталі, щоб виявити потенційні проблеми та усунути їх.

Інструктування та плани дій: Всі робітники повинні бути проінструктовані щодо дій у випадку виникнення надзвичайних ситуацій або аварій, включаючи можливість відключення електроенергії.

Заземлення: Важливо мати належну систему заземлення для усунення статичної електрики та надлишкового струму.

Захист від перевантаження: Використовуйте правильно розмірні захисні пристрої та відключайте систему у випадку перевантаження.

Відсутність вологи: Уникайте робіт в умовах підвищеної вологості та дощу, оскільки це може збільшити ризик ураження електрикою.

Запобігання ураженням електрикою вимагає дотримання всіх вищезазначених правил та виконання робіт під наглядом кваліфікованих спеціалістів. Забезпечення безпеки робітників є найважливішим завданням при реалізації проекту сонячної енергетики.

Безпека на висоті: Робітники, які виконують роботи на даху під час монтажу сонячних панелей, повинні бути наділені відповідними засобами безпеки, такими як страхові ремені, щоб запобігти падінню з висоти.

Захист від специфічних небезпек: Врахування можливої небезпеки обриву ліній постачання електроенергії та передбачте запасні джерела живлення для невідкладних випадків.

Відповідність нормативам та стандартам: Всі роботи та устаткування повинні відповідати національним та місцевим нормативам та стандартам безпеки.

Евакуація та надзвичайні ситуації: Слід розробити плани евакуації та дії у випадку надзвичайних ситуацій, таких як пожежа або аварія.

Особистий захист: Робітники повинні бути взуті в відповідне взуття та наділені захисними засобами, такими як окуляри та респіратори, якщо це необхідно.

Охорона праці є важливою частиною проекту «*SolarHouse1.1*», оскільки вона спрямована на запобігання травм та забезпечення безпечного використання сонячних електросистем та сонячних колекторів. Всі робітники та учасники проекту повинні дотримуватися цих правил та норм безпеки, щоб забезпечити

успішну та безпечну реалізацію стартапу.

Перелік використаних джерел

1. Кудря С.О. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії. Підручник. К., НТУУ "КПІ", 2012. - 490 с
2. Проектування енергоустановок з відновлюваними джерелами енергії. / укладач Суржик Т. М. – К. : ФЕА «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 78с.
3. «Фотоенергетика». Методика та алгоритм розрахункової роботи для студентів за спеціальністю «Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії» / укл. О.Ю. Гаєвський – К.: ФЕА НТУУ “КПІ”, 2016. – 23 с
4. Довідникові дані з клімату України. 2014.С.8. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ep3.nuwm.edu.ua/591/1/01-03-16.pdf>
5. Сайт Вінницької кабельної компанії «Таблиця допустимих струмів і навантажень для кабелів і проводів» [Електронний ресурс] Режим доступу - <https://vincab.com.ua/informatsiya/tablicya-dopustimihstrumiv-i-navantazhen-dlya-kabeliv-i-provodiv-4/>
6. СК Hewalex KS2100F TLP AC
<https://solar-tech.com.ua/ua/solar-power-system/solar-collectors/ploskii-solnechnyi-kollektor-hewalex-ks2100f-tlp-ac-obnovljennaya-rama-.html>
7. водонагрівач Drazice NAD 750 v4
https://sansmart.com.ua/uk/teploakkumulyator-drazice-nad-750-v4-121680395-18089?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=pg2p&gclid=EAIaIQobChMIpvjO1J7XgwMVBjRoCR3ipwEpEAQYASABEgJzg_D_BwE
8. Контролер Tech ST-21 SOLAR
https://modernsys.com.ua/kontroler-dlya-nasosa-tech-st-21-cwu-ru.html?utm_medium=cpc&utm_source=google&utm_campaign=17858390318&utm_content=&utm_term=&gclid=EAIaIQobChMI2c6siJ_XgwMVM1JBah0RfwatEAQYASABEgIuNvD_BwE
9. ТЕНа від ТОВ "ТЕПЛОМАШ"
https://element-tm.com.ua/ua/teny-bloki-dlya-elektro-kotlov-vseh-tipov/blok-2-5-dlya-kotlov-eko-na-rezbe-dva-s-polovinoj-dyujma-vnutrennyaya/blok-ten-dlya-kotla-eko-na-24-kvt-teplomash?gclid=EAIaIQobChMIuPfwZ_XgwMVr59oCR35MwzEEAQYBSABEgIMy_D_BwE

10. ЦН Hewalex ALEX HX 10

https://svitloopt.com.ua/ua/p1994317115-nasosna-grupa-odnolinijna.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMIqLX69p_XgwMVlIdoCR2SMgVKEAQYAiABEgKyE_D_BwE

11. сонячна панель **LP Longi Solar Half-Cell 450**

<https://logicpower.ua/solnechnye-paneli/solnechnaya-panel-lp-longi-solar-half-cell-450w-35-profil-monokristall>

12. інвертор **ABi-Solar HT 10K3P:**

<https://alfa.solar/ru/gibridnyj-setevoj-invertor-10kvt-abi-solar-ht-10k3p-id308.html>

13. кабель **ПВС 2*1,5 мм²**

https://masterkabel.com.ua/ru/shop/kabel-pvs-2h1-5-odessa-gost/?utm_source=Google%20Shopping&utm_campaign=tovar-ru&utm_medium=cpc&utm_term=12756&gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMIjYCr2aDXgwMVuopoCR0gpgUkEAQYBCABEgLeevD_BwE

14. кабель **ПВС 2*4 мм²**

https://electro-opt.in.ua/ua/p1580998160-provod-zzkm-belyj.html?source=merchant_center&gad_source=1&gclid=EAIaIQobChMIIsL-EaDXgwMVKk9BAh1towrQEAQYAYABEgJs6_D_BwE

15. кабель **ПВС 3*10мм²**

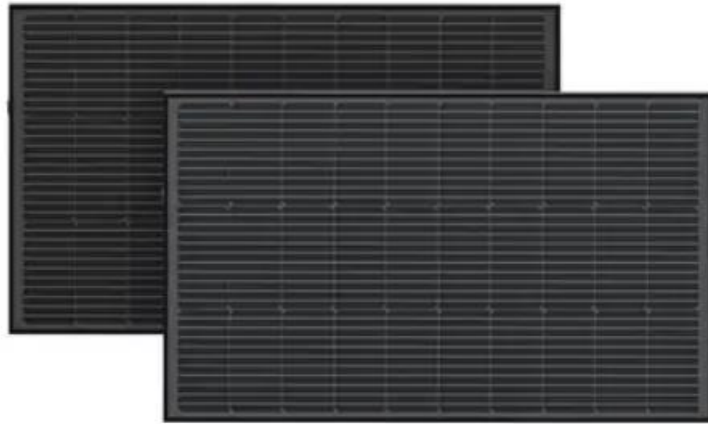
https://din-elektro-detel.com.ua/p509938186-provod-pvs-3h10.html?source=merchant_center&gclid=EAIaIQobChMIItIXri6HXgwMVSkIbAh22_AdAEAQYASABEgIbMfD_BwE

16. лічильник **NIK 2104 AP2T.1802.MC.11**

https://vse-e.com.ua/schetchik-nik-2104-0240-rtmv-5-60-a-plc-modul-mnogotarifnyi?gclid=EAIaIQobChMI8J2EpaHXgwMV4IVoCR1iFA7nEAYYASABEgJLC_D_BwE

Додаток А

Додаток А.а монокристалічна фотовольтаїчна панель



Додаток А.б полікристалічна фотовольтаїчна панель



Додаток А.в площині колектори на даху приватного будинку



Додаток А.г вакуумний трубчастий колектор



Додаток Б

Додаток Б.а зовнішній вигляд та характеристики СК Hewalex KS2100F TLP AC



Виробник:	Hewalex
Країна-виробник:	Польща
Модель:	KS2100F TLP AC
Тип фотомодуля:	монокристал
Кількість підключень	4
Площа колектора, м ²	2,06
Площа поглинача, м ²	1,93
Оптичний к.к.д.	75,3
Вага без рідини, кг	36
Витрати рідини, л	0,85
Допустимий робочий тиск, бар	10
Підключення, мм	3/4
Матеріал рами	алюміній
Матеріал абсорбера	алюміній
З'єднання абсорбера	лазерне зварювання
Матеріал покриття	структуроване скло

Додаток Б.б зовнішній вигляд та характеристики теплообмінного апарату
Drazice NAD 750 v4



Показник	Значення
Об'єм ємнісного водонагрівача	750 л
Ізоляція та товщина	80 мм
Кількість змійовиків	1
Матеріал	Сталь
Максимальний тиск	6 бар
Максимальна температура	110
Діаметр / висота	2020 / 750 мм

Додаток Б.в контролер та його характеристики, який ми підібрали для нашої системи Tech ST-21 SOLAR



№	Показники	Значення
1.	Виробництво	Польща
2.	Функціонал	Керування насосом
3.	Зміна температур	0...+90 °C
4.	Максимальна наближеність температури	±1 °C
5.	Межі активної роботи першого датчика	-25...+90 °C
6.	Межі активної роботи другого датчика	-25...+180 °C
7.	Напруга	230 В, 50 Гц ±10 %
8.	Потужність яку він споживає	1 Вт
9.	Вихід навантаження насоса	1 А
10.	Навантаження запобіжника	1.6 А

Додаток Б.г нагрівальний ТЕН «ТЕПЛОМАН» 24кВт

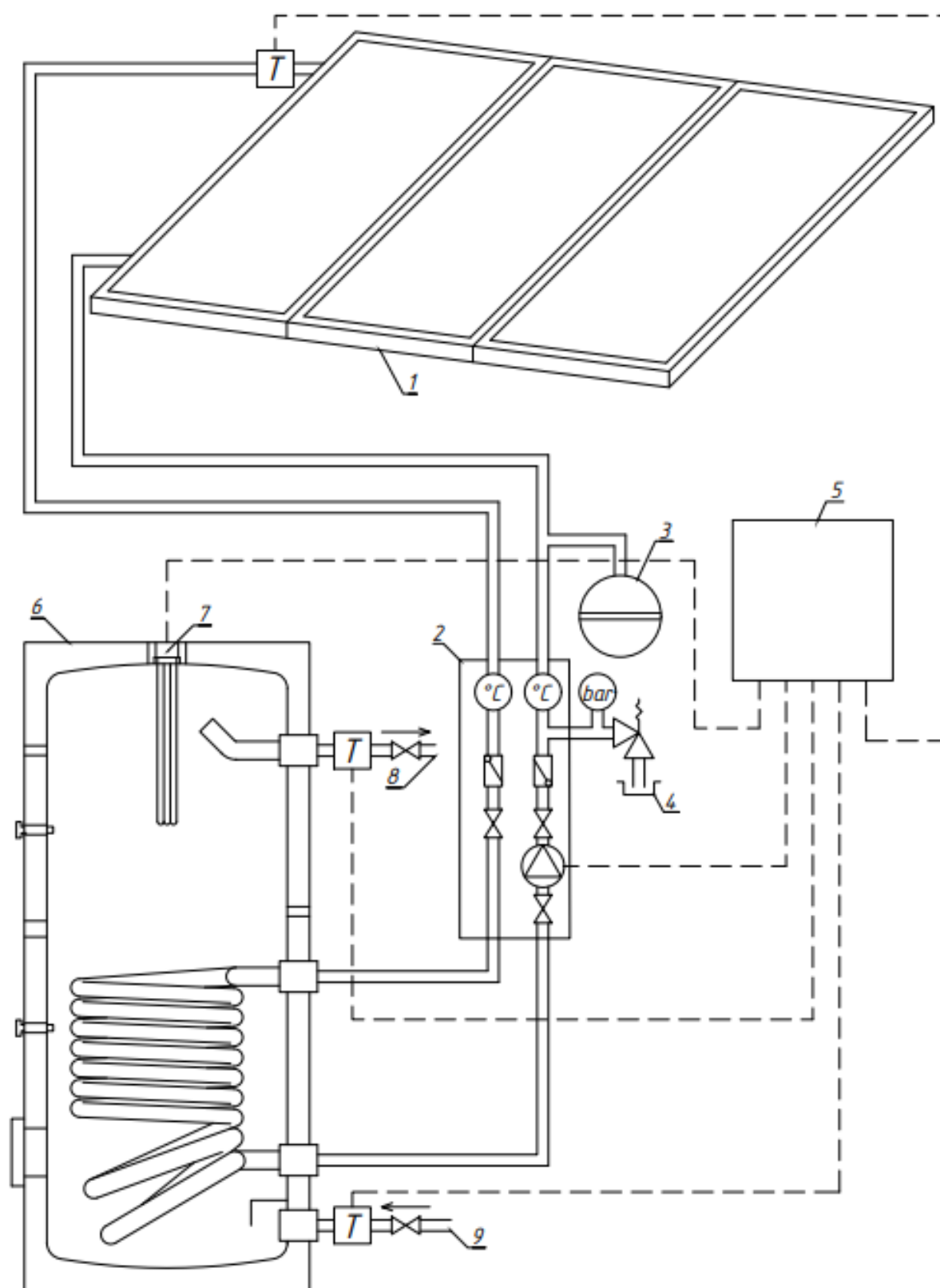


Додаток Б.д – циркуляційний насос Hewalex ALEX HX 10 та його характеристики



№	Показники	Значення
1.	Габарити	375x115x130 мм
2.	Вага кг	3.2
3.	Номінал. витрата рідини	10 л/хв
4.	Мах робоча температура	110 °С
5.	Мах тиск роботи	6 бар
6.	Діаметр підключення	3/4"

Додаток Б.е Схема розташування обладнання



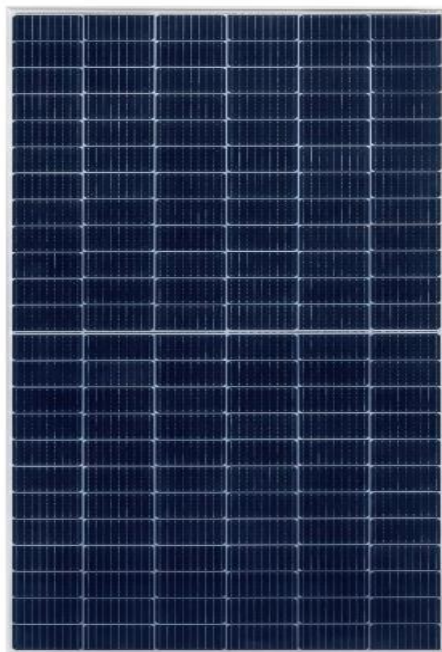
1. Сонячний колектор Hewalex KS2100F TLP AC
2. Циркуляційний насос Hewalex ALEX HX 10
3. Розширювальний бак
4. Приймач

5. Контролер насоса та ТЕНу Tech ST-21 SOLAR
6. Бак-акумулятор Drazice NAD 750 v4
7. ТЕН
8. Подача води до споживача
9. Забір холодної води

Додаток В

Додаток В.а сонячна панель та її характеристики **LP Longi Solar Half-Cell**

450



СП LP Longi Solar Half-Cell 450	
Параметр	Значення
Пікова потужність	450 Вт
СКД від макс. потужності	5 %
Напруга при максимальній потужності	41.5 В
Максимальний струм	10.85 А
Напруга холостого ходу	49.3 В
Струм короткого замикання	11.4 А
Максимальна напруга системи	1300 В
Коефіцієнт корисної дії	20.7 %
Розміри(довж.-шир.-вис.)	2094/1380/35 мм
Вага	24 кг
Діапазон робочих температур	-40...+85



Вхідні параметри DC	ABi-Solar HT 10K3P
Максимальна потіжність DC	10000 Вт
Максимальна напруга DC	1000 В
Номінальна напруга	620 В
Діапазон напруги MPPT	150-850 В
Діапазон MPPT при повній потужності	200-850 В
Напруга стартова	150 В
Максимальний струм DC	15x2 А
Isc PV	24x2 А
Кількість MPPT трекерів	2/2 шт
Тип вхідного роз'єму	MC4
Потужність контролера	10000 Вт

Додаток В.в характеристики та вигляд лічильника **NIK 2104**
AP2T.1802.MC.11



Клас точності лічильника за ДСТУ 30207	1
Номінальна напруга, В	220
Базовий струм, А	5
Максимальний струм, А	60
Номінальна частота Гц	50
Число тарифів	4
Діапазон температур	Від -40 до +75
Маса, кг	1
Габаритні розміри (д/в/ш), мм	310/135/96

Додаток В.г – електрична схема мережевої сонячної електростанції

