Міністерство освіти і науки України
Національний університет
«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Навчально-науковий інститут нафти і газу
Кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему: **Дослідження ефективності геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської політехніки»**

Виконав: студент гр. 601-НТ
спеціальності 144 Теплоенергетика
"15" січня 2025 р. Кириченко В.В
Керівник
"17" січня 2025 р. Чернецька І.В.

Допустити до захисту:
завідувач кафедри "Теплогазопостачання,
вентиляції та теплоенергетики" к.т.н., проф. Голік Ю.С.
"20" 01 2025 р.

Полтава - 2025 р.

Форма N Н-9.01

Національній університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення **навчально-науковий інститут нафти і газу**

Кафедра, циклова комісія *кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики*

Освітньо-кваліфікаційний рівень *магістр*

Напрям підготовки _____
(шифр і назва)

Спеціальність *144 «Теплоенергетика»*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри, голова циклової комісії *Голік Ю.С.*
"___" _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

Кириченко Владислав Віталійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Дослідження ефективності геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської політехніки»

керівник проекту (роботи) Чернецька І.В., к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу №818-фа від "9" 08.2024 року

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.01.2025

3. Вихідні дані до проекту (роботи) План роботи, складений керівником роботи, література про дослідження ефективності геліоустановок, паспортні характеристики обладнання лабораторії

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Інформація про сонячну енергетику. Опис перспектив застосування фотоелектричних панелей в теплоенергетиці. Постановка задачі, вибір методів досліджень. Опис геліоустановки лабораторії. Аналіз шляхів проведення досліджень ефективності панелі. Опис обраного методу досліджень та рекомендації щодо вдосконалення установки. Аналіз експериментальних даних щодо ефективності роботи панелі. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Мета та задачі дослідження. Фото обладнання геліоустановки. Схеми обв'язки обладнання. Фото проведення експерименту. Графік зміни згенерованої потужності за період досліджень. Висновки.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завда прий

7. Дата видачі завдання 20.10.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	При
1	Вступ. Опис технологій геліоенергетики , типів фотоелектричних панелей, перспектив їх розвитку та поширення. Проведення досліджень	20.10.2024 – 1.11.2024	
2	Постановка задачі, вибір методів досліджень. Складання планів та схем, креслення обв'язки обладнання. Дослідження	2.11.2024 – 1.12.2024	
3	Опис технології експерименту, аналіз результатів та шляхів модернізації	1.12.2024 – 20.12.2024	
5	Висновки. Оформлення роботи.	11.01.2025 – 15.01.2025	

Студент _____ Кириченко В.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) _____ Чернецька І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кириченко В.В. Дослідження ефективності геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської політехніки»: кваліф. робота магістра. Спеціальність 144 "Теплоенергетика". – Полтава : НУПП, 2025. – 63 с.

Магістерську роботу зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» присвячено дослідженню параметрів роботи існуючої сонячної панелі в лабораторії університету. Мета роботи – отримання студентом знань і навичок з наукового пошуку, аналізу й систематизації даних, конструювання обладнання для проведення досліджень, застосування програмного забезпечення та сучасного високотехнологічного обладнання. Розглянуто види сонячних панелей та перспективи розвитку сонячної енергетики в Україні та світі. Досліджено ефективність сонячної панелі протяго 8 місяців в ручному режимі вимірювань проаналізовано узагальнені результати дослідлждень. Розроблено концепцію проведення лабораторних досліджень із застосуванням сучасних цифрових технологій. Створено IoT-пристрій для автоматичного вимірювання температури, фіксації результатів і передачі на сервер у режимі реального часу з подальшим доступом користувача з будь-якої точки світу. Проведено випробування прототипу та виконано його тарування. Прийняті в роботі рішення, матеріали і обладнання забезпечують дотримання принципів енергозбереження й енергоефективності, мінімізацію шкідливого впливу на довкілля. Одержані результати сприяють ширшому впровадженню в теплоенергетиці сонячних технологій для генерації енергії, а також сучасних цифрових пристроїв і автоматизації процесу проведення вимірювань.

Ключові слова: фотовольтаїка, сонячна панель, IoT, пристрій, енергія, сонячна генерація, потужність, вимірювання, ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП.....4

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ЩОДО ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ТА ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ 5

1.1 Перспективи застосування фотоелектричних геліоустановок в теплоенергетиці..... 5

1.2. Європейський досвід застосування фотовольтаїки..... 7

1.3. Типи фотоелектричних панелей..... 11

1.4. Технологічні особливості сонячних панелей та фактори, що впливають на ефективність їх роботи..... 12

1.5 Перешкоди та виклики розвитку сонячної енергетики 16

2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ, ВИБІР МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ..... 25

2.1 Мета та завдання дослідження 25

2.2 Вихідні дані щодо об’єкту дослідження. Опис та технічна документація 26

ДЛЯ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВАЖЛИВИМ ВАЖЛИВИМ Є СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОДУКТИВНОСТІ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ, НАДІЙНИЙ ЗБІР ДАНИХ ДЛЯ АНАЛІЗУ ТА ДОСЛІДЖЕНЬ , СПОВІЩЕННЯ В РЕАЛЬНОМУ ЧАСІ ПРО ПЕРЕГРІВ..... 29

2.3 Розробка IoT-системи для інтеграції з наявною сончною системою й моніторингу стану основних параметрів..... 30

3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА..... 39

3.1 Розробка прототипу пристрою 39

3.2 Розгортання серверної частини 44

3.3 Випробування IoT-девайсу 51

3.4. Аналіз дослідних даних..... 56

ЛІТЕРАТУРА 62

					601-НТ.11393311.МР		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Кириченко В.В.			Дослідження ефективності геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської політехніки»	Літ.	Арк. 2 / Аркушів 109
Перевір.		Чернецька І.В.					
Зав. кафедри		Голік Ю.С.				Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», кафедра ТГВ та Т	

ВСТУП

Енергозабезпечення є однією з найважливіших проблем сучасного суспільства. В умовах зростання споживання енергії та обмежених запасів традиційних енергоресурсів таких, як вугілля, нафта і газ, постає нагальна потреба у пошуку альтернативних джерел енергії. В Україні, як і в багатьох Європейських країнах існує тенденція до дефіциту енергоресурсів. Одним з найбільш перспективних варіантів вирішення цієї проблеми є використання відновлюваних джерел, зокрема сонячної енергії. Застосування сонячних фотоелектричних панелей дозволяє не лише зменшити залежність від традиційних енергетичних ресурсів, але й позитивно впливає на екологічну ситуацію.

Сонячні фотоелектричні панелі, які перетворюють сонячне світло на електроенергію, набули широкого поширення у світі завдяки своїй екологічній чистоті та економічній доцільності у довгостроковій перспективі. Європейські країни активно впроваджують цю технологію у рамках політики зниження залежності від викопних джерел енергії та переходу на «зелені» технології.

В Україні потенціал використання сонячної енергії також є значним. Кліматичні умови більшості регіонів сприяють ефективному використанню сонячних панелей, особливо на півдні країни. Проте для повноцінного розвитку цієї галузі необхідно подолати ряд технологічних, економічних та законодавчих перешкод. У перспективі це не тільки скорочення витрат на проведення комунальних платежів і підвищення рівня життя населення, але й економія ресурсів для держави, які наразі є дуже обмеженими, скорочення викидів парникових газів в атмосферу, а також покращення екологічних характеристик місцевості.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ЩОДО ПЕРСПЕКТИВ ВИКОРИСТАННЯ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ТА ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ

1.1 Перспективи застосування фотоелектричних геліоустановок в теплоенергетиці

Фотовольтаїка (від грец. "фотос" – світло та "вольт" – електрика) – це технологія отримання електричної енергії за допомогою перетворення сонячного світла у струм. Застосування цієї технології в теплоенергетиці стає дедалі більш популярним, оскільки сонячна енергія є чистим та практично невичерпним ресурсом. Фотоелектричні панелі можуть використовуватися для різноманітних цілей: від забезпечення електроенергією будинків до масштабних проєктів у промисловості та інфраструктурі.

Рисунок 1.1 – Сонячні панелі на плоскому даху

Переваги використання сонячної енергії включають:

- Невичерпність джерела: Сонце є одним з найпотужніших джерел енергії на Землі, і його потенціал для виробництва електрики надзвичайно великий.
- Екологічність: Сонячна енергія не виробляє шкідливих викидів під час свого функціонування, що робить її чистішою альтернативою викопним джерелам енергії.
- Економічна вигода у довгостроковій перспективі: Незважаючи на значні початкові витрати на встановлення сонячних панелей, вони мають тривалий термін служби і вимагають мінімального обслуговування, що робить їх економічно вигідними на віддаленому горизонті.
- Інтеграція у системи теплоенергетики: Фотоелектричні панелі можуть використовуватися для постачання теплової енергії через опалювальні системи або нагрів води.

Інтеграція фотовольтаїки у теплоенергетику може відбуватися через декілька технологічних підходів:

1. Гібридні системи – поєднують фотоелектричні панелі з традиційними системами теплопостачання, що дозволяє забезпечити постійне джерело енергії навіть в умовах низької сонячної активності.
2. Пряме застосування – використання сонячних панелей для електрифікації систем опалення та кондиціонування повітря.
3. Зберігання енергії – акумулятори, що працюють у зв'язці з фотоелектричними панелями, зберігають вироблену електроенергію для використання у часи низької сонячної активності.

Таким чином, перспективи використання фотовольтаїки у теплоенергетиці величезні, особливо у контексті впровадження енергоефективних рішень та підвищення рівня незалежності від традиційних джерел енергії.

Геліоустановки можуть бути джерелами тепла в пасивних будинках, поєдуючись з іншими відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ). Основними ВДЕ в пасивних будинказ зазвичай є геліоколектори або теплові насоси для підігріву води, а також сонячні панелі для генерації електроенергії.

1.2. Європейський досвід застосування фотовольтаїки

Європейський Союз є одним з лідерів у впровадженні відновлюваних джерел енергії, і фотовольтаїка займає ключову позицію у стратегії "Європейський зелений курс" (European Green Deal). Ця ініціатива передбачає досягнення вуглецевої нейтральності до 2050 року та значне зниження викидів парникових газів до 2030 року. Щоб досягти цих цілей, ЄС інвестує значні ресурси в розвиток сонячної енергетики, зокрема на підтримку будівництва нових фотоелектричних електростанцій та стимулювання досліджень у цій сфері.

Окрім того, у 2020 році була запущена ініціатива Solar Europe Now, яка ставить за мету забезпечити Європу чистою та доступною електроенергією за допомогою збільшення потужностей сонячної енергетики до 1 ТВт до 2030 року. Це є частиною ширшої стратегії енергетичного переходу, яка включає не лише фотовольтаїку, але й розвиток інших відновлюваних джерел енергії, таких як вітрові електростанції та воднева енергетика.

Серед країн Європи лідерами у впровадженні фотовольтаїки є Німеччина, Італія, Іспанія, Франція та Нідерланди. Кожна з цих країн має свої особливості у використанні сонячної енергії, але їх об'єднує спільна мета — перехід до стійкої енергетичної системи.

- Німеччина

  Це одна з перших країн, яка почала активно інвестувати у фотовольтаїку. Сьогодні Німеччина є світовим лідером за кількістю встановлених сонячних панелей на душу населення. Завдяки різноманітним програмам підтримки, таким як Feed-in-Tariff (FIT) — модель, яка стимулює виробників сонячної електроенергії шляхом встановлення фіксованих цін на електроенергію, — країна значно знизила свою залежність від викопного палива.

Рисунок 1.2 – Приклад встановлення фотовольтаїки на даху в Німеччині

- Італія

  Зі своїм сприятливим кліматом і великою кількістю сонячних днів на рік, Італія є одним із ключових гравців на ринку сонячної енергетики. Фотовольтаїка активно використовується як на державному, так і на приватному рівнях. Італія стала одним із піонерів щодо інтеграції сонячних панелей у будівлі, де їх використовують не лише як джерело енергії, але й як елемент архітектури.

Рисунок 1.3 – Процес монтажу сонячних панелей в Італії

- Іспанія

  Як країна з високим рівнем інсоляції (кількістю сонячного світла), Іспанія має величезний потенціал для розвитку фотовольтаїки. У 2019 році Іспанія стала лідером у Європі за кількістю нових сонячних установок, що значно збільшило загальні виробничі потужності країни у цій галузі.

- Франція

  Франція робить значні інвестиції у відновлювані джерела енергії, зокрема фотовольтаїку. Уряд Франції стимулює як державні, так і приватні інвестиції у сонячні установки, створюючи умови для збільшення частки "зеленої" енергії у загальному енергобалансі країни.

Рисунок 1.4 – Величезний парк із сонячний панелей (Прованс, Франція)

- Нідерланди

  Ця країна активно впроваджує сонячні панелі не лише на дахах будівель, але й на сільськогосподарських землях. Завдяки своєму компактному розміру та високій щільності населення, Нідерланди використовують інноваційні рішення для ефективного розміщення сонячних панелей навіть у міських умовах.

Аналіз європейського досвіду показує, що фотовольтаїка може бути не лише корисною для окремих споживачів, але й грати важливу роль у розвитку масштабних проектів. Наприклад, в Іспанії було побудовано одну з найбільших

у світі сонячних ферм – Нуньєс де Бальбоа, яка має потужність близько 500 МВт і може забезпечити електроенергією понад 250 000 домогосподарств.

Рисунок 1.5 – Нуньєс Де Бальбоа

Також у Німеччині активно розвиваються проекти з інтеграції фотовольтаїки у міське середовище, наприклад, **Smart City** — ініціатива, яка передбачає встановлення сонячних панелей на дахах багатоповерхових будівель, індустріальних зон та навіть транспортних шляхів.

Інноваційні рішення також з'являються в галузі інтеграції фотовольтаїки у сільське господарство. **Агрофотовольтаїка** (англ. Agrophotovoltaics) — це підхід, за якого сонячні панелі встановлюють на сільськогосподарських полях, що дозволяє фермерам використовувати ту ж землю як для вирощування культур, так і для виробництва електроенергії. Цей підхід активно розвивається у Франції та Німеччині.

1.3. Типи фотоелектричних панелей

Основні типи сонячних панелей, що використовуються у сучасних системах, включають:

- Монокристалічні панелі.

Ці панелі виготовляються з монокристалічного кремнію і є одними з найбільш ефективних на ринку. Вони мають високу продуктивність і можуть генерувати більше електроенергії з меншої площі у порівнянні з іншими типами панелей. Основним їх недоліком є висока вартість виробництва.

Рисунок 1.6 – Монокристалічні панелі

- Полікристалічні панелі

Ці панелі виготовляються з полікристалічного кремнію і є менш ефективними у порівнянні з монокристалічними, але мають нижчу вартість виробництва. Вони є популярним вибором для невеликих домашніх та комерційних установок через свою відносно невисоку ціну.

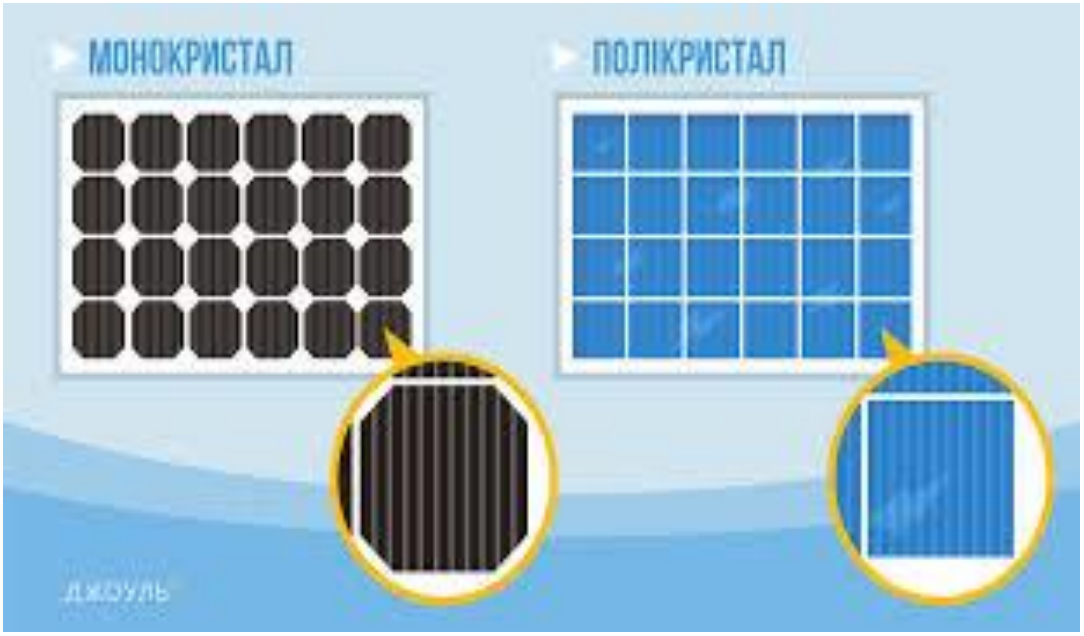


Рисунок 1.7 – Монокристалічні і полікристалічні панелі

- Тонкоплівкові панелі.

Виготовлені з аморфного кремнію або інших матеріалів (наприклад, телуриду кадмію), ці панелі є найлегшими і найбільш гнучкими, що дозволяє використовувати їх для нестандартних рішень, наприклад, на дахах з криволінійною поверхнею. Однак їх ефективність зазвичай нижча, ніж у монокристалічних чи полікристалічних панелей.

- Перспективні розробки.

Сучасні дослідження активно працюють над створенням нових видів сонячних панелей, таких як перовськітові панелі, які можуть значно підвищити ефективність фотоелектричних систем і знизити їх вартість.

1.4. Технологічні особливості сонячних панелей та фактори, що впливають на ефективність їх роботи

Сонячні панелі перетворюють енергію світла у електроенергію через явище фотоелектричного ефекту. Фотоелектричні комірки, з яких складаються панелі, виготовляються з напівпровідникових матеріалів, таких як кремній. Коли світло падає на поверхню панелі, електрони у матеріалі починають

рухатися, утворюючи електричний струм. Цей струм передається через провідники до інвертора, де змінюється з постійного на змінний для подальшого використання в електромережі.

Окрім основних компонентів, таких як фотоелектричні комірки та інвертори, конструкція сонячної панелі включає також захисні шари, які забезпечують довговічність і стійкість до впливу зовнішніх факторів, таких як волога, вітер та пил.

Рисунок 1.8 – Монтаж сонячної електростанції с. Гринів, Львівська обл.

Ефективність сонячних панелей залежить від ряду зовнішніх і внутрішніх факторів. Це стосується як технічних характеристик самих панелей, так і умов їх експлуатації. Для оптимального використання фотовольтаїки важливо враховувати всі ці фактори, адже їхній вплив може суттєво знижувати або, навпаки, підвищувати ефективність роботи системи.

1. Вплив кліматичних умов

Один з ключових факторів, що впливає на роботу сонячних панелей, – це кліматичні умови. Кліматичні особливості регіону суттєво визначають ефективність фотовольтаїчної системи, оскільки різні погодні умови по-різному впливають на інсоляцію (кількість сонячної енергії, що досягає поверхні панелі).

2. Сонячна активність

Чим більше сонячного світла досягає панелі, тим більше енергії вона здатна виробити. У південних регіонах з великою кількістю сонячних днів на рік фотовольтаїка працює ефективніше, ніж у північних широтах, де кліматичні умови менш сприятливі.

3. Хмарність

Хмарність може суттєво знижувати ефективність панелей. Хоча деякі панелі здатні виробляти електроенергію навіть у хмарні дні, кількість виробленої енергії буде значно меншою. У регіонах з високою хмарністю рекомендується використовувати більш ефективні панелі або інші додаткові джерела енергії.

4. Кількість опадів

Опади можуть тимчасово зменшувати ефективність панелей через забруднення їх поверхні або тимчасове затемнення. Проте регулярні опади також можуть сприяти природному очищенню панелей від пилу та бруду.

5. Вологість і вітер

Висока вологість або сильні вітри можуть впливати на роботу сонячних панелей, особливо на їхні матеріали. Тому в регіонах із суворими кліматичними умовами варто враховувати потребу у захисті або обслуговуванні панелей.

6. Кут нахилу панелей та їх розташування

Кут нахилу панелі та її орієнтація мають вирішальне значення для максимальної продуктивності. Оптимальний кут нахилу залежить від географічного розташування установки. Наприклад, у північній півкулі оптимальним вважається розташування панелей під кутом, який дорівнює широті місцевості, де вони встановлені. Крім того, в деяких регіонах доцільним

є сезонне регулювання кута нахилу, щоб максимізувати кількість енергії, яка збирається влітку або взимку.

7. Орієнтація панелей

У північній півкулі сонячні панелі повинні бути спрямовані на південь для оптимальної продуктивності, оскільки сонце більшу частину дня перебуває на південній стороні неба. Неправильна орієнтація панелей може суттєво зменшити кількість зібраної енергії.

Тінь: навіть невелика тінь від дерева, будівлі або інших об'єктів може значно вплинути на продуктивність панелі, особливо якщо вона заважає частині фотокомірок. У сучасних системах використовуються інвертори з технологією максимального пошуку точки потужності (MPPT), яка допомагає мінімізувати втрати енергії, викликані частковим затіненням.

8. Температура, пил та забруднення

Іншим важливим фактором є температурний режим. Парадоксально, але надмірно висока температура може знижувати ефективність сонячних панелей. Фотоелектричні комірки найбільш ефективно працюють при певній температурі, зазвичай близько 25°C. Коли температура панелі підвищується, ефективність знижується, оскільки збільшується електричний опір матеріалу.

9. Температурний коефіцієнт:

Кожна панель має температурний коефіцієнт, який вказує на те, наскільки її ефективність знижується з підвищенням температури. Наприклад, якщо температурний коефіцієнт дорівнює -0,5% на градус, це означає, що при підвищенні температури на 1°C понад норму ефективність панелі зменшиться на 0,5%.

10. Пил і забруднення:

Пил, пісок, сніг або інші забруднювачі, що накопичуються на поверхні панелі, можуть значно знизити кількість зібраного світла, а отже, і виробленої електроенергії. Регулярне очищення панелей — один з ефективних способів підтримання їхньої продуктивності на високому рівні. У регіонах з високою

забрудненістю повітря або частими піщаними бурями очищення панелей є критично важливим аспектом їх обслуговування.

11. Деградація панелей

Із часом сонячні панелі втрачають свою ефективність, що пов’язано з деградацією матеріалів. Середньорічна втрата ефективності більшості панелей складає від 0,5% до 1%. Ця деградація є природним процесом, пов’язаним з впливом ультрафіолетового випромінювання, зміною температури, вологості та інших факторів.

Лінійна деградація. Більшість виробників гарантують, що за перші 25-30 років експлуатації панелі збережуть не менше 80-85% своєї початкової продуктивності. Після цього процес деградації може прискоритися.

Покращені технології: новіші моделі панелей з високоякісних матеріалів мають кращу стійкість до деградації, що дозволяє продовжити їхній термін служби та зберегти більший відсоток початкової ефективності.

1.5 Перешкоди та виклики розвитку сонячної енергетики

Незважаючи на значний потенціал і очевидні переваги фотовольтаїки, на її шляху існує кілька перешкод. Важливо зрозуміти ці виклики, щоб знайти способи їх подолання та забезпечити максимальну ефективність і доступність сонячної енергії.

1.5.1 Законодавчі та регуляторні перешкоди

Розвиток інфраструктури: недостатній розвиток інфраструктури передачі та зберігання енергії також є значною перешкодою. Фотоелектричні системи потребують сучасних мереж для передачі надлишкової енергії, а також надійних систем зберігання для використання електроенергії у вечірній або нічний час, коли виробництво відбувається менш інтенсивно або взагалі

відсутнє. У країнах, де енергетична інфраструктура застаріла, інвестиції в її модернізацію є критично важливими для розвитку сонячної енергетики.

Політична воля: розвиток фотовольтаїки залежить від політичної волі уряду. В країнах, де немає достатньої підтримки у вигляді субсидій, податкових пільг або спрощених регуляторних процедур, темпи розвитку сонячної енергетики можуть бути значно нижчими.

1.5.2 Економічні перешкоди

Висока початкова вартість встановлення сонячних панелей може стати суттєвою економічною перешкодою для широкого впровадження технології. Хоча вартість сонячних панелей з кожним роком знижується, для багатьох країн і приватних осіб початкові інвестиції залишаються значними.

Вартість установок: початкові витрати на встановлення фотовольтаїчних систем, зокрема на панелі, інвертори, монтажні роботи та технічне обслуговування, можуть бути надмірними для окремих домогосподарств або малих підприємств без державної підтримки. Незважаючи на те, що сонячні панелі мають низькі експлуатаційні витрати у довгостроковій перспективі, початкові інвестиції можуть стати суттєвим бар'єром для широкого застосування технології.

Терміни окупності: окупність інвестицій у сонячні панелі може зайняти від 7 до 15 років залежно від вартості електроенергії, місцевих субсидій та рівня сонячної інсоляції. У деяких країнах високі енергетичні тарифи та низькі субсидії можуть подовжити цей термін, що робить технологію менш привабливою для інвесторів.

Фінансові механізми підтримки: успішний розвиток сонячної енергетики в багатьох країнах залежить від наявності фінансових механізмів підтримки, таких як субсидії, пільгові кредити, програми Feed-in-Tariff або Green Tariff. Без таких механізмів інвестори можуть не поспішати вкладати кошти у сонячні установки.

Технологічні перешкоди

Розвиток технологій сонячної енергетики також стикається з певними технологічними перешкодами, які впливають на ефективність роботи системи або обмежують її використання у певних умовах.

Обмеження виробництва енергії у нічний час: одним із найбільших недоліків фотовольтаїчних систем є неможливість виробляти електроенергію у нічний час або при значній хмарності. Це вимагає використання додаткових джерел енергії або акумуляторних систем, що зберігають енергію, згенеровану вдень.

Ефективність акумуляторних систем: системи зберігання енергії, такі як літій-іонні батареї, досі є відносно дорогими і мають обмежений термін служби. Для широкого впровадження автономних сонячних систем необхідне удосконалення акумуляторних технологій, щоб забезпечити тривале зберігання та стабільне постачання електроенергії.

Деградація матеріалів: як уже згадувалось раніше, з часом сонячні панелі втрачають свою ефективність через деградацію матеріалів під впливом зовнішніх факторів. Це впливає на довготривалу ефективність системи і потребує додаткових досліджень для створення матеріалів з більшою стійкістю до зносу.

Соціальні та екологічні аспекти

Хоча сонячна енергетика є екологічно чистим джерелом енергії, існують і соціальні та екологічні виклики, пов'язані з її розвитком.

Екологічні проблеми, пов’язані з виробництвом панелей: виробництво сонячних панелей, особливо тих, що базуються на кремнії та рідкісноземельних металах, може створювати екологічні проблеми. Процес виробництва включає видобуток і переробку сировини, що супроводжується значними викидами в атмосферу та забрудненням води. Важливо забезпечити екологічно безпечне виробництво та утилізацію використаних панелей, щоб уникнути створення додаткових екологічних проблем.

Соціальна підтримка та освітні ініціативи: для широкого впровадження сонячної енергетики важливо, щоб громадяни розуміли переваги

ції технології та її екологічні й економічні аспекти. Освітні програми та інформаційні кампанії можуть підвищити рівень прийняття сонячних установок серед населення та бізнесу. Без достатньої соціальної підтримки темпи впровадження можуть бути значно нижчими.

1.6 Перспективи розвитку фотовольтаїки в Україні

Враховуючи світові тенденції та європейський досвід, перспективи розвитку сонячної енергетики в Україні виглядають дуже оптимістично. Україна має великий потенціал для використання сонячної енергії завдяки сприятливому клімату в багатьох регіонах, особливо на півдні країни. Крім того, у рамках угоди про асоціацію з ЄС Україна взяла на себе зобов'язання щодо зниження викидів парникових газів та підвищення частки відновлюваних джерел енергії у загальному енергобалансі.

Однак для досягнення успіху необхідно врахувати ряд ключових аспектів:

Державна підтримка: ефективне регулювання, підтримка з боку уряду та стимулюючі програми, такі як "зелений тариф" і пільгові кредити для приватних осіб та підприємств, можуть прискорити впровадження сонячних установок.

Інфраструктурні проекти: модернізація енергетичних мереж і створення нових потужностей для зберігання енергії мають стати важливими напрямками державної енергетичної політики.

Інвестування у дослідження та інновації: необхідно продовжувати інвестувати у дослідження нових технологій для підвищення ефективності панелей, зниження їхньої вартості та подовження терміну служби. Також важливо інвестувати у розвиток акумуляторних систем і нових матеріалів.

1.7 Висновки щодо оптимізації роботи сонячних панелей

Оптимізація кута нахилу та розташування: вибір правильного кута нахилу панелей і їхнє розташування в незатінених місцях є одним із найважливіших кроків для підвищення продуктивності системи. Відповідно до широти місцевості, де встановлюється система, слід оптимізувати нахил панелей для максимального поглинання сонячного світла протягом дня. У деяких випадках доцільним є використання систем відстеження сонця (трекерів), які автоматично змінюють кут нахилу панелей для того, щоб вони завжди були орієнтовані на сонце, що може збільшити ефективність системи на 15-25%.

Очищення та обслуговування: регулярне очищення сонячних панелей є необхідною умовою для підтримання їхньої максимальної ефективності, особливо в регіонах з високим рівнем пилу, піску або забруднення. Забруднення та пил можуть знижувати продуктивність панелей на 20-30%, тому очищення повинно проводитися регулярно, або навіть варто розглянути встановлення автоматичних систем для змивання пилу та бруду з поверхні.

Температурне регулювання: оскільки висока температура може негативно впливати на ефективність сонячних панелей, необхідно враховувати цей фактор при їхньому розміщенні. Наприклад, забезпечення достатньої вентиляції або встановлення панелей на піднятих конструкціях для покращення повітрообміну можуть знизити перегрівання панелей і покращити їхню продуктивність.

Зниження впливу тіні: часткове затінення може суттєво знизити ефективність всієї системи, оскільки навіть невелика тінь на кількох фотоелектричних комірках може порушити роботу всієї панелі. Використання технологій, таких як оптимізатори потужності або мікроінвертори, може допомогти мінімізувати втрати, викликані частковим затіненням, оскільки ці технології дозволяють кожній панелі або комірці працювати незалежно одна від одної.

1.8 Рекомендації для майбутніх досліджень та впровадження нових технологій

Фотоелектричні технології суттєво еволюціонували з моменту, коли сонячна енергія почала використовуватися як альтернативне джерело живлення. Раніше сонячні модулі мали низьку ефективність і вимагали значного простору для встановлення. Проте сучасні інновації подолали ці недоліки. Завдяки новітнім розробкам сонячні панелі стали більш ефективними та довговічними, що дозволяє генерувати більше енергії з тієї ж площі та значно зменшити залежність від традиційних електромереж.

Майбутній розвиток сонячної енергетики залежить від постійних інновацій та вдосконалення існуючих технологій. Ось кілька ключових напрямків для подальших досліджень та інвестицій:

Сучасні сонячні модулі демонструють значно вищу ефективність. Сьогодні стандартні панелі забезпечують близько 20% ефективності перетворення енергії, виробляючи на 25% більше електроенергії порівняно з попередніми моделями. Крім того, знижується вартість інноваційних технологій, які раніше були недоступними через високу ціну.

Двосторонні сонячні панелі набирають популярності завдяки своїй здатності вловлювати світло з обох боків. Це дозволяє їм генерувати на 10–15% більше електроенергії, ніж традиційні односторонні модулі, що зменшує потребу у великій кількості панелей та скорочує площу для їх розміщення.

Сонячні трекери стають усе більш економічно вигідними. За даними Національної лабораторії відновлюваної енергії США (NREL), одноосьові трекери можуть підвищити ефективність панелей на 30%, а двоосьові – на 50–70% у порівнянні з фіксованими установками такого ж розміру.

Сучасні фотоелектричні модулі здатні працювати на понад 80% своєї потужності протягом тривалого періоду. Середній термін їх служби досягає 30 років, що дозволяє не лише окупити авансові витрати та витрати на встановлення, а й отримати додатковий пасивний дохід завдяки суттєвій економії на рахунках за електроенергію.

Розробка нових матеріалів: сучасні дослідження активно розвивають нові матеріали для сонячних панелей, такі як перовськітові або органічні фотоелементи. Ці матеріали мають потенціал значно підвищити ефективність сонячних панелей і знизити їхню вартість, що може стати революцією у сфері фотовольтаїки. Крім того, дослідження у напрямку використання двосторонніх панелей, які можуть поглинати світло з обох сторін, обіцяють ще більше підвищити продуктивність систем.

Розвиток систем зберігання енергії: важливим напрямком досліджень є вдосконалення систем зберігання енергії. Сучасні акумуляторні системи все ще мають певні обмеження щодо ємності, довговічності та вартості. Розробка нових технологій, таких як твердотільні акумулятори або технології зберігання енергії на основі водню, може суттєво підвищити автономність сонячних електростанцій.

Інтеграція сонячної енергетики в інфраструктуру міст: розвиток концепцій "розумних міст" (Smart Cities) та енергетичних кооперативів відкриває нові можливості для інтеграції сонячної енергетики у міське середовище. Зокрема, використання сонячних панелей на дахах багатоповерхових будинків, шкіл, лікарень або інших об'єктів інфраструктури дозволяє зменшити навантаження на центральні енергосистеми і зробити міста більш енергоефективними.

Агрофотовольтаїка: це інноваційний напрямок, де сонячні панелі встановлюються на сільськогосподарських полях. Такий підхід дозволяє одночасно використовувати землю як для вирощування сільськогосподарських культур, так і для виробництва електроенергії. Ця технологія вже показала свою ефективність у кількох країнах і має великі перспективи для майбутнього.

Дослідження ринку: важливо також проводити регулярні дослідження ринку, щоб розуміти тенденції у використанні сонячної енергетики, попит на нові технології та адаптацію існуючих продуктів до потреб споживачів. Це

дозволить точніше прогнозувати розвиток галузі та більш ефективно розподіляти ресурси на дослідження та інновації.

Використання IoT для підвищення ефективності сонячних панелей

Інтернет речей (IoT) відкриває нові можливості для підвищення ефективності сонячних панелей завдяки вдосконаленню моніторингу, управління та оптимізації їх роботи. Застосування IoT дозволяє збирати в реальному часі дані про продуктивність модулів, стан обладнання, а також зовнішні умови, такі як сонячне випромінювання, температура та погодні зміни. Ці дані аналізуються для забезпечення максимального вироблення електроенергії за будь-яких обставин.

Однією з головних переваг IoT є можливість віддаленого моніторингу сонячних установок. Завдяки цьому оператори можуть оперативно виявляти та усувати несправності, такі як забруднення панелей або пошкодження модулів, без необхідності фізичного огляду. Це зменшує час простою системи та витрати на обслуговування, підвищуючи загальну ефективність.

Інтелектуальні IoT-системи також можуть автоматично оптимізувати роботу панелей залежно від змінних умов. Наприклад, інтеграція IoT з трекерами дозволяє автоматично налаштовувати кут нахилу панелей для максимального уловлювання сонячного світла протягом дня. Це забезпечує підвищення продуктивності навіть у регіонах зі змінним кліматом.

Крім того, IoT-технології можуть бути використані для прогнозування продуктивності та планування енергоспоживання. Дані, отримані з сенсорів, допомагають створювати точні моделі прогнозів генерації енергії, що сприяє ефективнішому розподілу ресурсів. Це особливо корисно для інтеграції сонячних установок у смарт-мережі, де попит і пропозиція електроенергії потребують точного балансування.

Завдяки IoT сонячні установки стають більш адаптивними, економічно вигідними та довговічними. Застосування цих технологій створює перспективи для зниження експлуатаційних витрат, покращення окупності інвестицій та сприяє подальшій інтеграції відновлюваних джерел енергії в глобальну

енергетичну систему, відкриваються нові горизонти для підвищення ефективності, надійності та зручності управління системами відновлюваної енергетики.

2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ, ВИБІР МЕТОДІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Мета та завдання дослідження

Мета роботи – аналіз параметрів роботи геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської політехніки» та дослідження її ефективності.

Задачі дослідження:

- вивчити сучасний стан щодо використання сонячних панелей;
- проаналізувати перспективи поширення фотовольтаїки;
- дослідити обладнання існуючої геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської політехніки»;
- побудувати схему установки;
- оцінити ефективність роботи наявної геліоустановки та фактори впливу;
- проаналізувати можливі засоби вдосконалення геліоустановки;
- розробити та впровадити заходи для покращення роботи геліоустановки.

Об’єкт дослідження – геліоустановка в лабораторії зеленої енергетики НУПП.

Предмет дослідження – ефективність генерації електричної енергії геліоустановкою.

Методи досліджень – системний аналіз, емпіричні методи (спостереження, експеримент, вимірювання, порівняння), синтез, моделювання, та прогнозування.

2.2 Вихідні дані щодо об’єкту дослідження. Опис та технічна документація

Відповідно до завдання предметом дослідження є ефективність генерації електричної енергії сонячними панелями.

Проведення досліджень передбачається в лабораторії зеленої енергетики Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

На даху лабораторії розміщена одна сонячна фотоелектрична панель AS-6P-340W. Відповідно до маркування максимальна потужність, яку може генерувати дана панель становить 340 Вт.

Загальний вигляд панелі показано на рис. 2.1.

Рисунок 2.1 – Сонячна фотоелектрична панель AS-6P-340W

Як видно з матеріалів розділу 1, на ефективність генерації може впливати низка природних факторів, тому була поставлена задача дослідити, як буде змінюватися генерація протягом тривалого періоду часу в розрізі кількох місяців. Дослідження були розпочаті ще під час науково-дослідної практики, продовжилися протягом переддипломної практики й з урахуванням

накопичених матеріалів передбачається продовження досліджень й узагальнення результатів.

Окрім того, згідно проведеного огляду літератури та попередніх лабораторних досліджень одним із найперспективніших засобів підвищення ефективності наявної сонячної панелі в лабораторії є застосування IoT пристроїв. Відповідно варто проаналізувати конкретні можливості IoT.

Основною перевагою інтеграції технологій Інтернету речей (IoT) із сонячними панелями є можливість моніторингу в реальному часі. IoT дозволяє відстежувати основні параметри роботи сонячних панелей у режимі реального часу, зокрема генерацію енергії, стан батарей, рівень напруги, струму та температуру. Це забезпечує оперативне виявлення несправностей і попереджає втрати енергії через зниження продуктивності. Завдяки автоматичному збору та аналізу даних про стан обладнання, IoT-технології дозволяють передбачати можливі збої й оптимізувати технічне обслуговування. Це зменшує час простою та витрати на ремонт, одночасно підвищуючи надійність системи. Зібрані IoT-пристроями дані дозволяють проводити глибокий аналіз роботи панелей у різні періоди. Це сприяє прогнозуванню виробництва енергії, визначенню сезонних коливань та ухваленню стратегічних рішень щодо модернізації чи розширення систем.

Таким чином, однією із задач має бути розробка Iot-пристрою, для інтеграції в існуючу систему й дослідження його можливостей.

Система, яка має бути розроблена, повинна включати наступні функції:

1 Збір статистичних даних: Надавати користувачам точну статистику щодо роботи сонячних панелей, що допоможе оптимізувати їхнє використання.

2 Підвищення ефективності генерації: Завдяки аналізу температури та інших показників уникати перегріву панелей, що може зменшувати їх продуктивність.

3 Раціоналізація споживання енергії: Допомагати користувачам оптимізувати використання енергії, виконуючи найбільш енергозатратні задачі у години максимальної генерації.

4 Зменшення часу простою: Зменшити кількість аварійних простоїв у системах користувачів на 30% завдяки своєчасному виявленню проблем.

5 Доступність і простота: Забезпечити доступне рішення з інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, яке дозволить швидко адаптуватися користувачам.

Основні потреби користувачів:

1) Простий і зручний доступ до даних про температуру панелей і обсяг виробленої електроенергії.

2) Система сповіщень, яка інформує про аномалії чи проблеми в роботі сонячних панелей.

3) Інтеграція з мобільними та веб-застосунками для доступу до інформації у будь-який час.

4) Безпечна передача та зберігання даних.

5) Можливість аналізу даних для підвищення ефективності роботи панелей.

В ідеалі IoT-ситема, яку планується розробити, повинна мати можливість надавати

власникам сонячних панелей інноваційне рішення для моніторингу та оптимізації їхньої ефективності. Завдяки автоматизованому збору даних про температуру, продуктивність і споживання електроенергії, продукт дозволить уникати перегріву панелей, що негативно впливає на генерацію енергії, а також раціоналізувати споживання енергії. Уявлення про світ з цим продуктом полягає у створенні простого, доступного й ефективного способу управління відновлюваною енергетикою для кожного власника сонячних панелей. Ця система сприятиме зростанню ефективності сонячної генерації та зменшенню витрат завдяки автоматизації та аналітиці.

1 Моніторинг температури панелей: Постійний збір даних для запобігання перегріву.

2 Відстеження виробництва електроенергії: Надання точних показників щодо продуктивності панелей.

3 Система сповіщень: Інформування користувачів про аномалії або проблеми.

4 Аналіз статистики: Збір та аналіз даних для підвищення ефективності генерації.

5 Раціоналізація споживання енергії: Рекомендації щодо оптимального часу для енергоємних задач.

6 Інтеграція з мобільними та веб-застосунками: Зручний доступ до даних у реальному часі через різні платформи.

7 Безпека даних: Захист інформації під час передачі та зберігання.

8 Залежність від апаратного забезпечення IoT: Коректна робота системи залежить від якості сенсорів для збору даних.

9 Інтернет-з'єднання: Надійне підключення до мережі необхідне для передачі даних на сервер.

10 Технологічна база: Використання сучасних технологій для забезпечення стабільності та масштабованості системи.

Для наукових досліджень важливим важливим є статистичний аналіз продуктивності сонячних панелей, надійний збір даних для аналізу та досліджень , сповіщення в реальному часі про перегрів

2.3 Розробка IoT-системи для інтеграції з наявною сончною системою й моніторингу стану основних параметрів

Оскільки для автора розробка подібного пристрою є абсолютно новим досвідом, то обмежимо для початку функціонал системи мінімально необхідними характеристиками. Передбачається, що система буде функціонувати в умовах прототипування, де основні компоненти включають IoT-пристрої для зчитування даних, сервер для обробки та збереження інформації, а також базову інтеграцію для передачі даних. Основні характеристики операційного середовища такі:

- Географічне середовище: Система розроблена для локальних і віддалених умов експлуатації, враховуючи можливість її роботи в регіонах із нестабільним кліматом та потенційними перегрівами панелей.
- Мережеве підключення: Для передачі даних IoT-пристрої використовуватимуть стандартні протоколи передачі (наприклад, HTTP або MQTT) із затримкою в 10-30 хвилин між оновленнями. Надійне інтернет-з'єднання рекомендується, але у подальшому планується підтримка роботи у переривчастих мережах.
- Технологічний стек: IoT-пристрої працюватимуть на базі мікроконтролерів (Arduino або аналогічних), серверний бекенд використовуватиме сучасний фреймворк (наприклад, Spring Boot), а інтеграція з мобільними та веб-застосунками буде впроваджена у наступних релізах.
- Продуктивність: Система повинна забезпечувати моніторинг температури та генерації енергії в реальному часі з мінімальними затримками.
- Надійність: Дані мають бути збережені навіть у разі тимчасового збою в мережі, забезпечуючи їхню доступність після відновлення з'єднання.

Для зберігання даних було обрано СУБД PostgreSQL.

Вона здатна ефективно обробляти часті записи, що є ключовим для системи, в якій велика кількість IoT-пристроїв регулярно надсилає дані. Завдяки оптимізованій архітектурі та підтримці функцій запобігання конфліктів, забезпечується уникнення дублювання записів та висока продуктивність. PostgreSQL не потребує ліцензійних витрат, що робить її економічно вигідною для невеликих систем із потенціалом зростання. Вона стабільно працює як на стандартному серверному обладнанні, так і в хмарних середовищах.

Для розробки серверного API було вирішено використовувати Qt C++. Qt гнучкість у створенні високопродуктивних рішень та має бібліотеки для роботи з мережею, базами даних і формуванням JSON-об'єктів. Це дозволяє швидко інтегрувати API з іншими частинами системи, такими як вебсайт і мобільний додаток.

API одночасно використовує два типи протоколів: Restful API та MQTT.

- **Restful API**: Використовується для взаємодії з клієнтськими застосунками, такими як вебсайт або мобільний додаток. Його переваги включають зрозумілий підхід до побудови URL-адрес для запитів, стандартні методи HTTP (GET, POST, PUT, DELETE) та легку інтеграцію з різноманітними фронтенд-фреймворками.
- **MQTT**: Використовується для обробки запитів від IoT-пристроїв, які забезпечують передачу телеметричних даних. Цей легкий протокол ідеально підходить для пристроїв з обмеженими ресурсами та нестабільним підключенням до мережі. Завдяки механізму публікації/підписки MQTT забезпечує низьку затримку при обміні повідомленнями, що є критично важливим для моніторингу даних від IoT-пристроїв у реальному часі.

Одним із ключових інструментів моделювання систем у UML, який використовується для візуалізації взаємодії користувачів із системою, є діаграма прецедентів. Вона допомагає визначити функціональні можливості системи, відображаючи сценарії використання (прецеденти) і взаємодію з ними

акторів, які можуть бути людьми, іншими системами або навіть апаратними пристроями. Завдяки цій діаграмі можна чітко зрозуміти, що саме система повинна виконувати для досягнення цілей користувачів, а також які ролі або зовнішні системи залучені до цих процесів.

Однією з головних переваг діаграми прецедентів є її простота та зрозумілість, що робить її доступною як для технічних, так і для нетехнічних фахівців і дозволяє наочно представити функціонал.

Побудуємо діаграму прецедентів Internet of Things частини нашого проєкту – рис. 2.1.

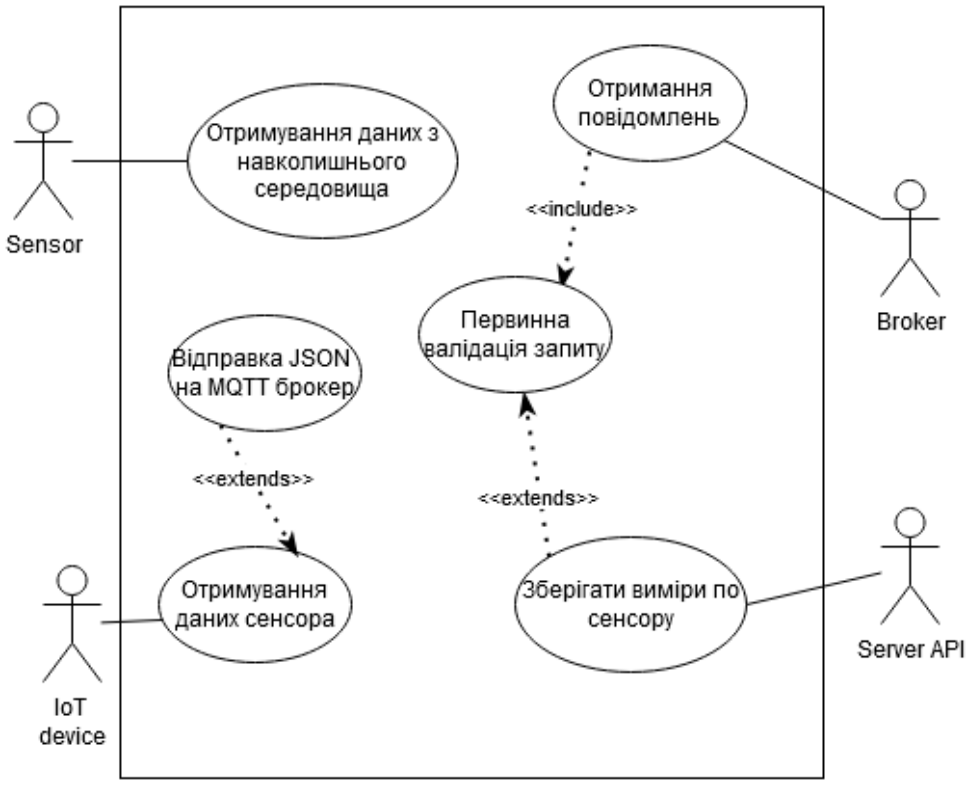


Рисунок 3.1 – Діаграма прецедентів IoT

Діаграма діяльності (activity diagram) у UML використовується для моделювання процесів, що демонструють послідовність дій або робочих потоків у системі. Вона відображає, як виконуються завдання, які дії виконуються послідовно, паралельно або умовно, а також які об'єкти чи ролі беруть участь у процесі. Основною метою такої діаграми є показ того, як система чи її частини досягають певної цілі або виконують певний бізнес-процес.

Ця діаграма добре підходить для моделювання складних процесів, включаючи паралельні виконання дій, точки прийняття рішень та цикли. Вона допомагає аналізувати і вдосконалювати процеси, а також чітко описувати, як мають взаємодіяти різні елементи системи.

Тож, для кращого розуміння роботи системи було розроблено дві діаграми діяльності, якаі наочно відображає основні етапи процесів обробки даних від IoT пристроїв та алгоритму роботи серверного API. На рисунках 2.2 та 2.3 представлено ці діаграми, що ілюструють логіку взаємодії між компонентами системи, забезпечуючи її зрозумілість і прозорість.

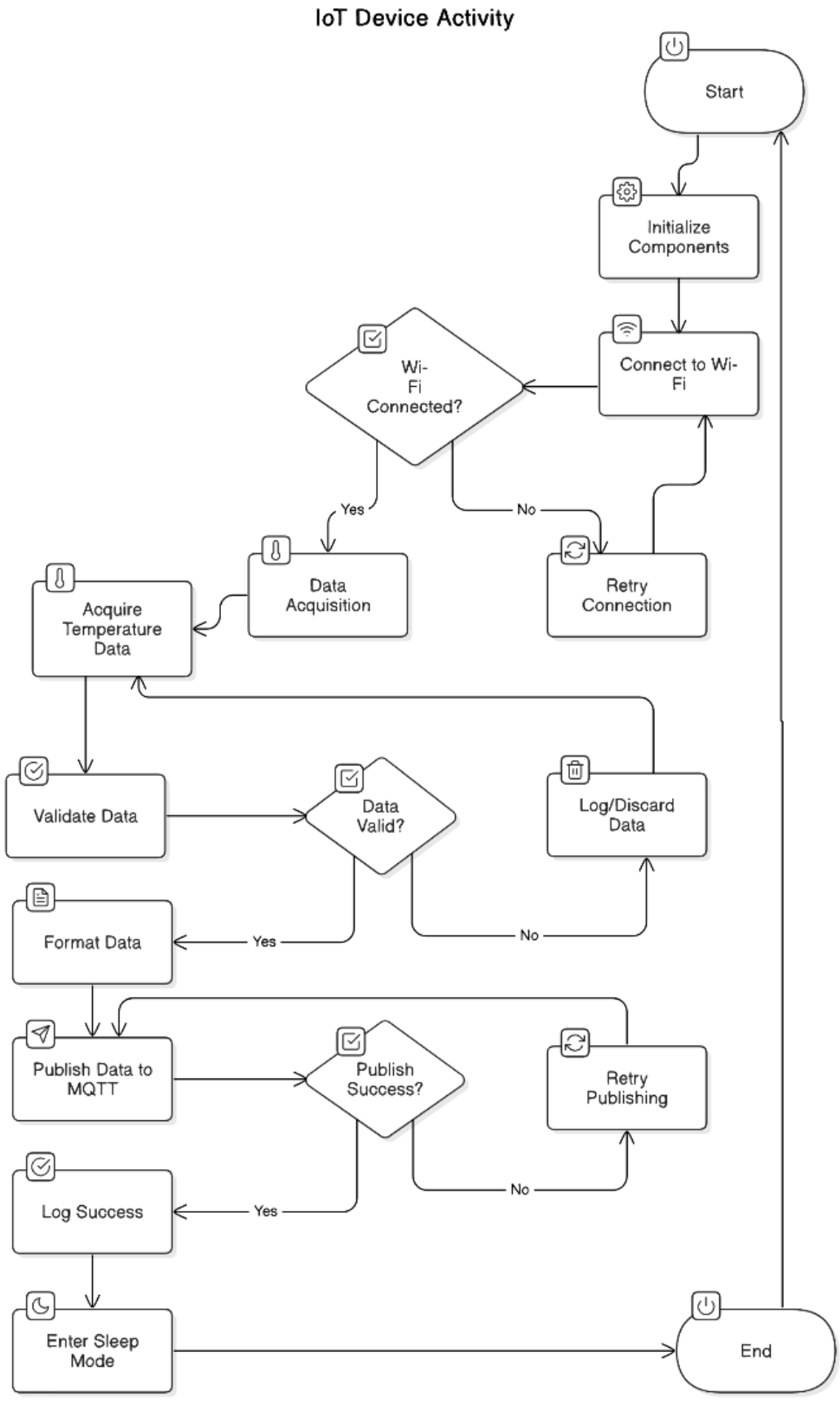


Рисунок 2.2 – Діаграма діяльності IoT

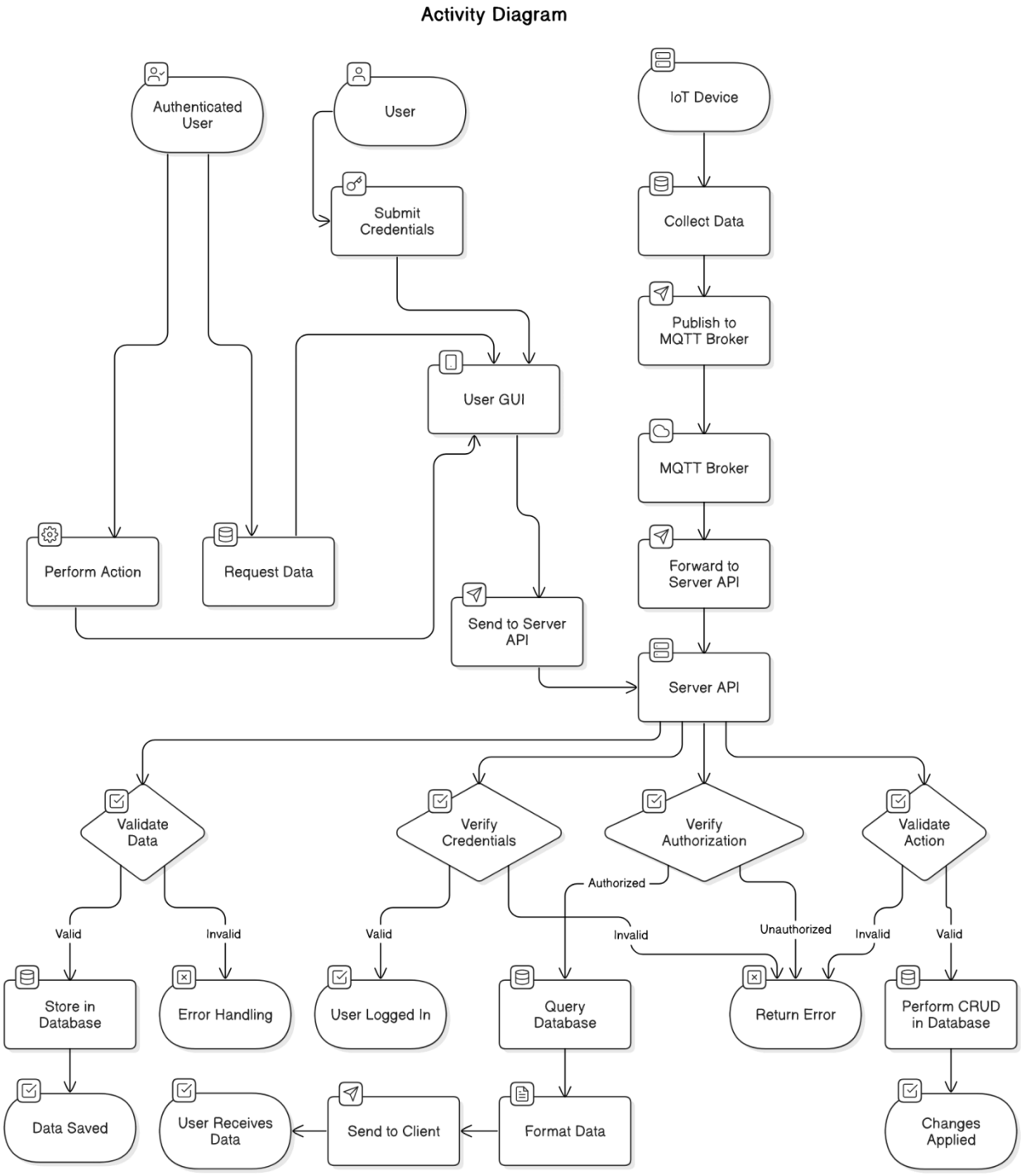


Рисунок 2.3 – Діаграма діяльності серверної частини

Система розроблена для обробки даних від IoT пристроїв, їх збереження у базі даних та надання користувачам доступу до вимірювань через серверний API. Основний акцент зроблено на забезпеченні безпечного доступу до історичних даних сенсорів за обраний часовий проміжок.

Обробка даних від IoT пристроїв

IoT пристрої передають дані про вимірювання через MQTT-брокер, розташований на сервері. Повідомлення містить унікальний ідентифікатор сенсора та значення вимірювання. MQTT-брокер отримує ці повідомлення та передає їх серверному API. Сервер API виконує валідацію даних, перевіряючи, чи існує сенсор у базі даних. Після перевірки дані записуються у таблицю measurement з прив’язкою до відповідного сенсора.

Запит даних за часовий проміжок

Однією з основних функцій системи є можливість отримання історичних даних сенсорів за обраний користувачем проміжок часу. Користувач надсилає запит до серверного API із зазначенням ідентифікатора сенсора, початкової та кінцевої дати. Сервер виконує наступні дії:

1. Перевіряє, чи авторизований користувач.
2. Перевіряє, чи має користувач права доступу до вказаного сенсора, перевіряючи його прив’язку до сонячної панелі, яка належить цьому користувачу.
3. Формує SQL-запит до таблиці measurement для отримання записів, які відповідають вказаному сенсору та часовому інтервалу.

Результат запиту повертається у вигляді JSON-об'єкта, що містить список вимірювань. Кожен запис містить значення, час вимірювання та унікальний ідентифікатор вимірювання. Це дозволяє користувачам зручно переглядати історичні дані для аналізу ефективності роботи сенсорів та сонячних панелей.

Для моделювання обміну повідомленнями між об’єктами або компонентами системи використовується діаграма взаємодії (interaction diagram) у UML. Вона показує, як різні елементи системи взаємодіють у межах певного сценарію, підкреслюючи послідовність та структуру комунікації. Основна мета такої діаграми — відобразити, як об'єкти співпрацюють для виконання певної функції чи досягнення результату.

Існує кілька типів діаграм взаємодії:

1. Діаграма послідовності (Sequence Diagram)

   Відображає часовий порядок повідомлень між об'єктами, що показує, які об'єкти взаємодіють і в якій послідовності.

2. Діаграма комунікації (Communication Diagram)

   Фокусується на структурі взаємодії, показуючи зв’язки між об’єктами та повідомлення, якими вони обмінюються.

3. Діаграма огляду взаємодії (Interaction Overview Diagram)

   Поєднує особливості діаграм послідовності та діяльності, моделюючи складні процеси з високим рівнем абстракції.

4. Діаграма часових інтервалів (Timing Diagram)

   Описує зміни стану об’єктів або повідомлень у межах часових рамок.

Оскільки в нашому випадку розглядається відносно складний процес, то для детального опису сценаріїв використання, розуміння порядку та структури взаємодії між компонентами найбільше підійде діаграма огляду взаємодії. Відповідно була розроблена діаграма, представлена на рис. 2.4.

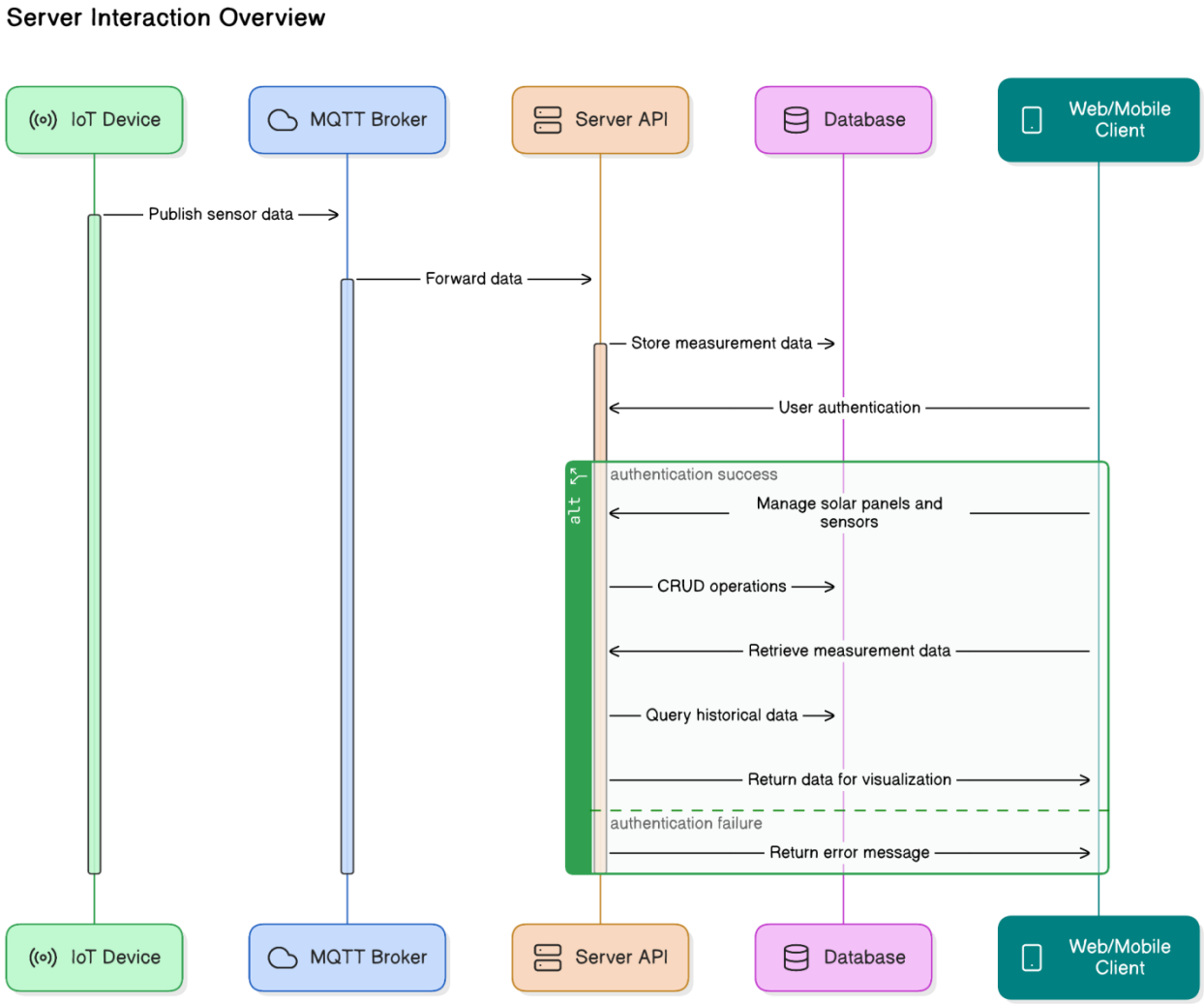
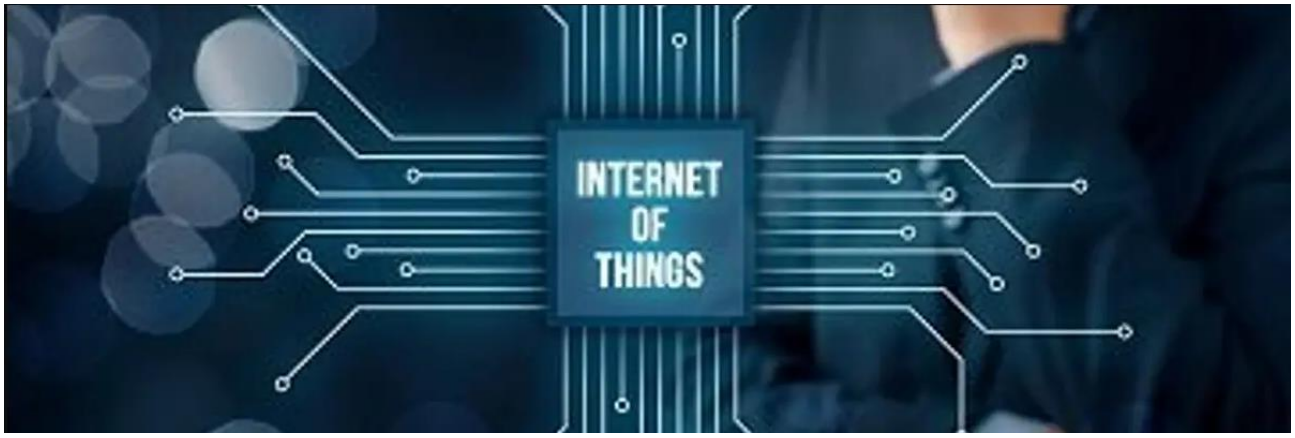


Рисунок 2.4 – Діаграма взаємодії серверної частини

3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка прототипу пристрою



Для взаємодії із температурними датчиками використовується модуль ESP8266 на платформі NodeMCU v3, який виконує роль основного елемента зв’язку та обробки даних. Цей модуль забезпечує компактне, енергоефективне рішення для інтеграції IoT-пристроїв у систему моніторингу енергогенерації.

Для високоточних вимірювань температури обрано датчик PT100, який є надійним і широко застосовується у промислових умовах. Сигнали з цього аналогового датчика конвертуються в цифровий формат за допомогою модуля MAX31865, що забезпечує стабільну передачу даних без втрати точності.

Модуль ESP8266 отримує дані від MAX31865, обробляє їх та формує повідомлення. Передача даних до серверу здійснюється за допомогою протоколу MQTT, який забезпечує ефективну та надійну доставку інформації для подальшої обробки та збереження на сервері.

На рисунках 3.1 та 3.2 представлено прототип IoT девайсу. Зі схеми на рисунку 3.1 видно підключення пінів та підключення датчика температури до перетворювача.

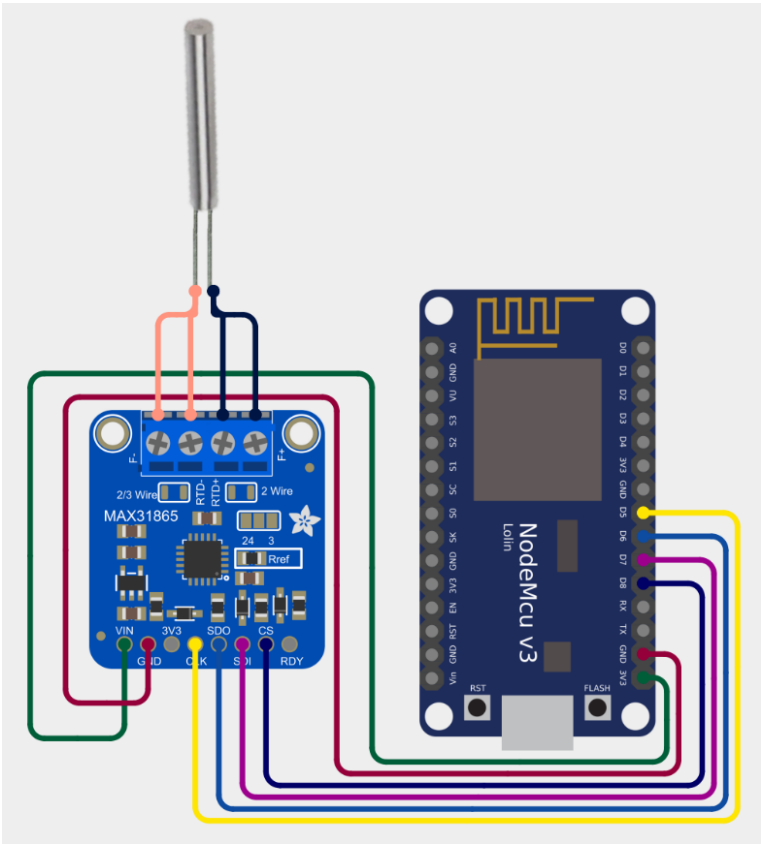


Рисунок 3.1 – Схема підключення компонентів

Оскільки мною використовувався двохканальний датчик температури, між клемами RTD- F- та RTD+ F+ було встановлено перемички.

На рисунку 3.2 представлено вже цілком функціональний прототип.

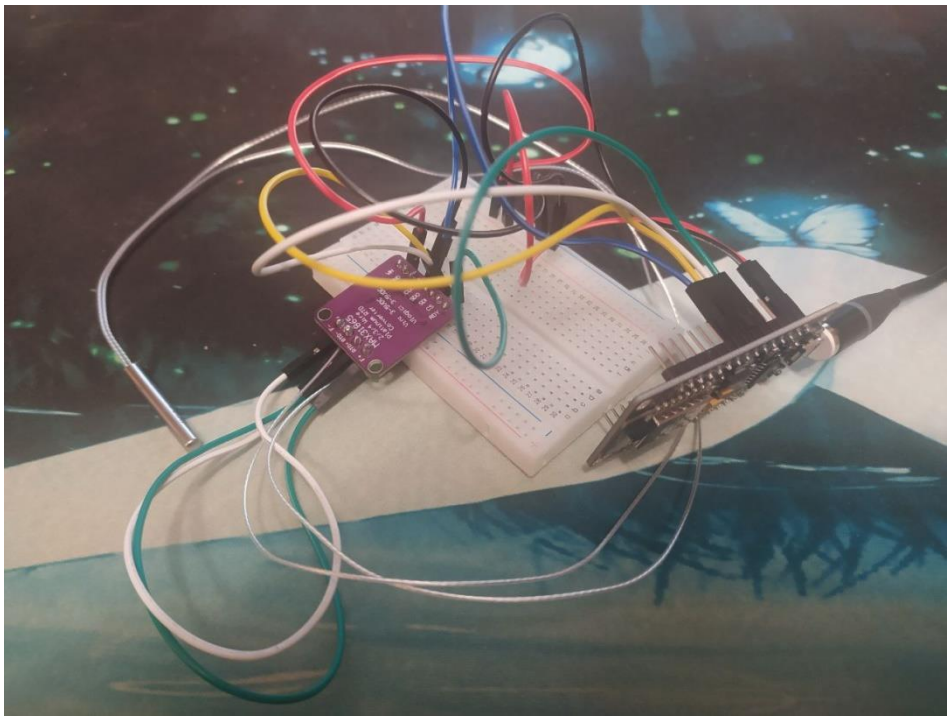


Рисунок 3.2 – Готовий прототип IoT-девайсу

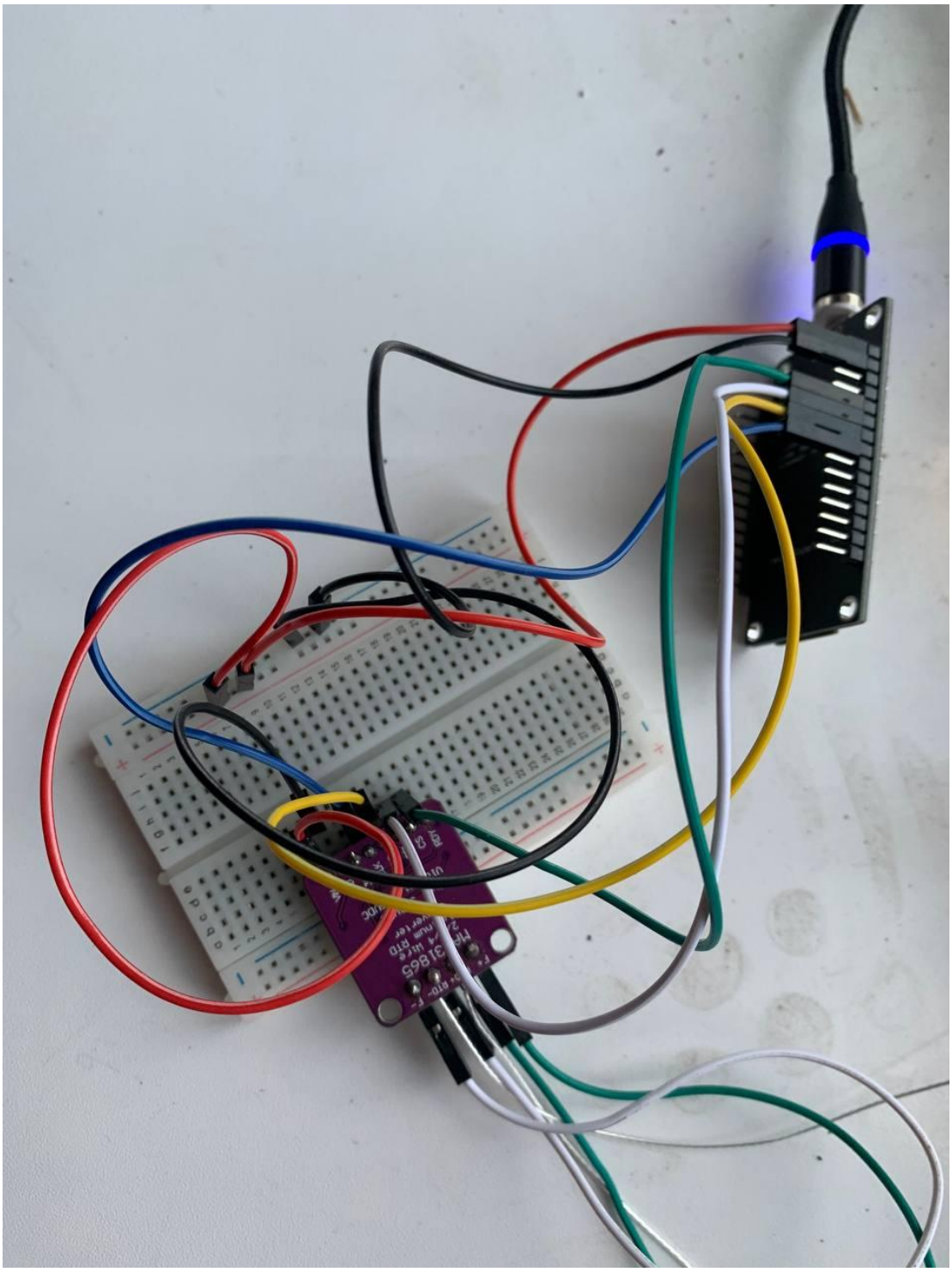


Рисунок 3.3 –Прототип IoT-девайсу

Для забезпечення функціонування даного девайсу має бути налаштоване відповідне програмне забезпечення. Процес інсталяції підтримки, налаштування й додавання необхідних бібліотек показано на рис. 3.3 – 3.7.

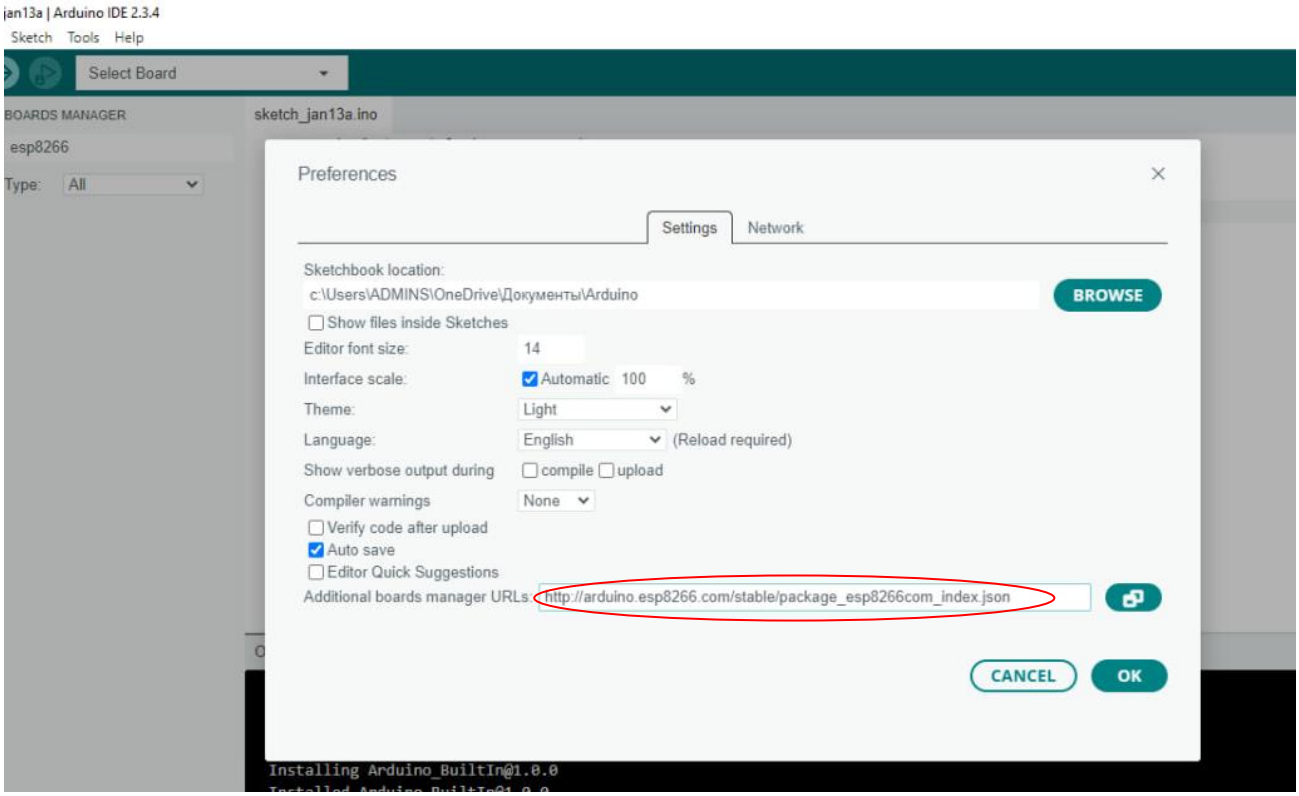


Рисунок 3.3 – Додавання пакету підтримки плат мікроконтролера ESP8266 в список плат середовища Arduino IDE

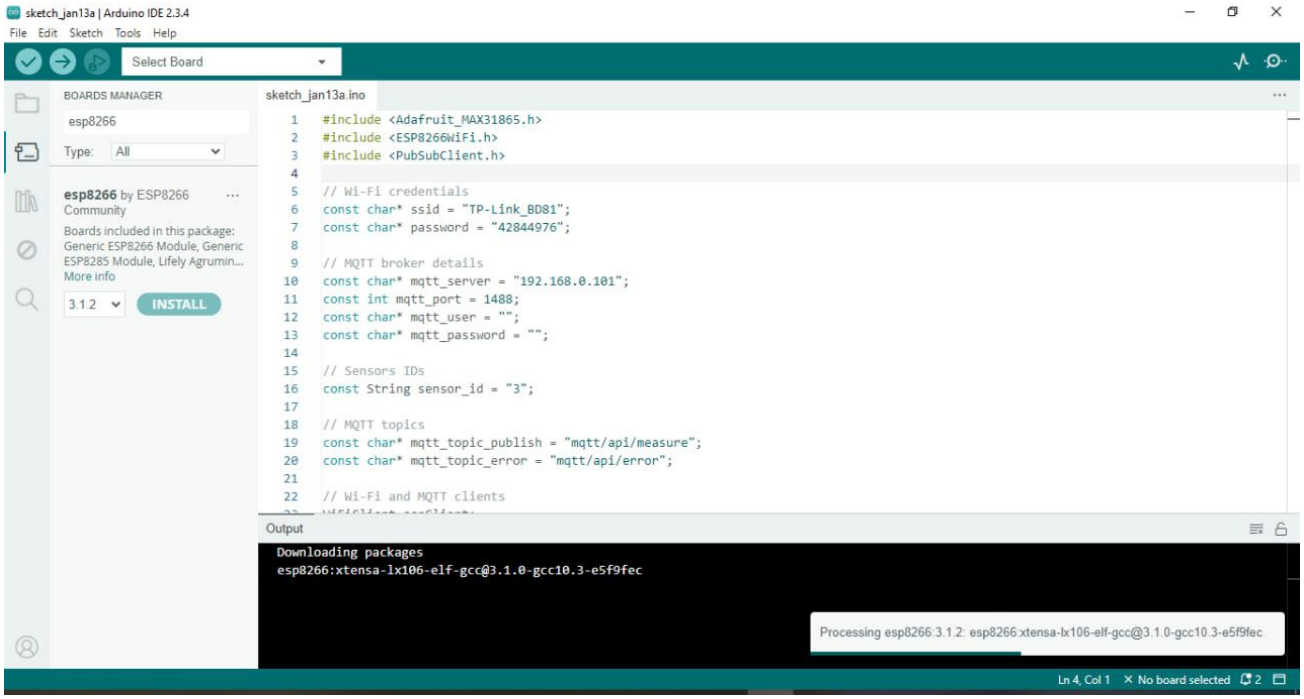


Рисунок 3.4 – Інсталяція підтримки плат ESP8266 через менеджер плат

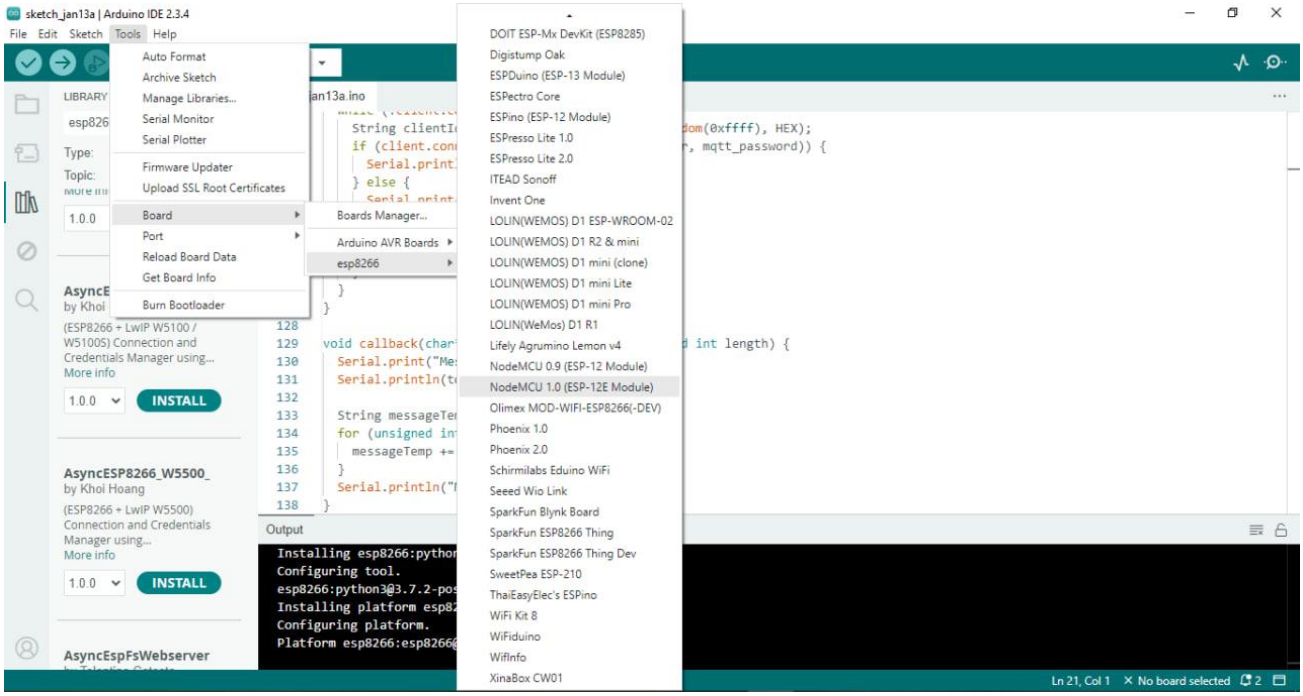


Рисунок 3.5 – Обрання плати NodeMCU (ESP-12E) зі списку плат

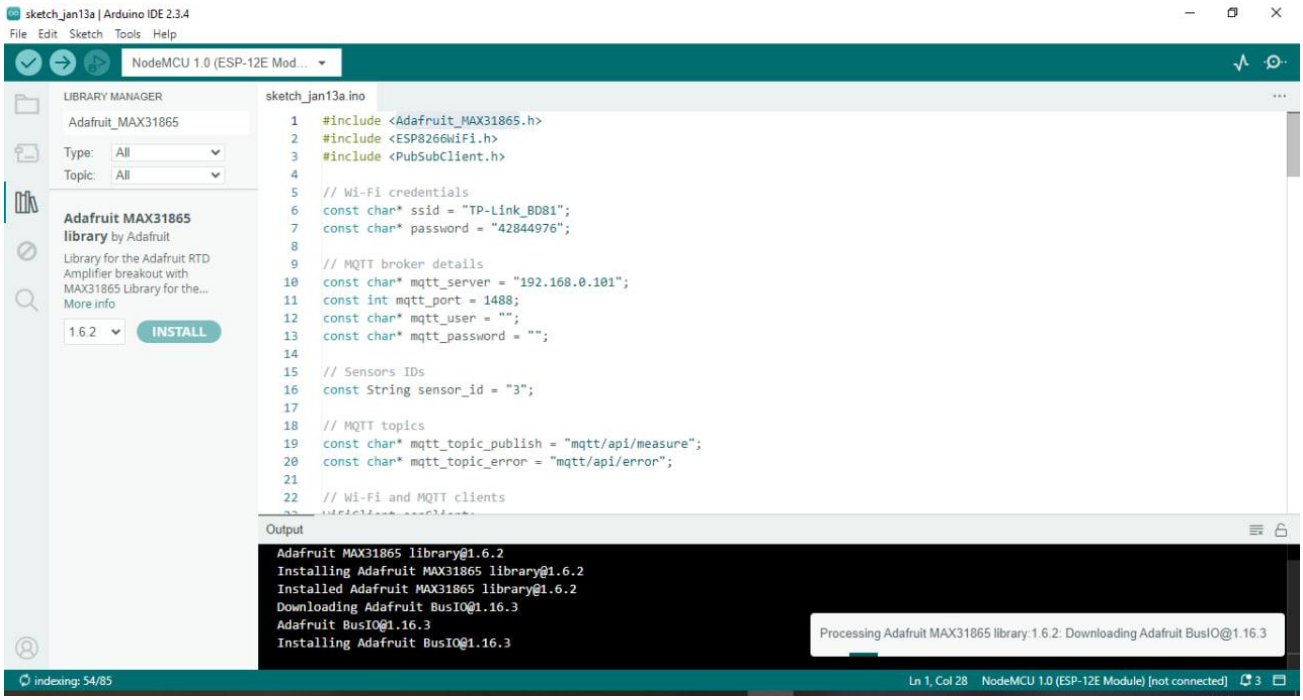


Рисунок 3.6 – Додавання бібліотеки для роботи з модулем-перетворювачем сигналу від температурного датчика MAX31865

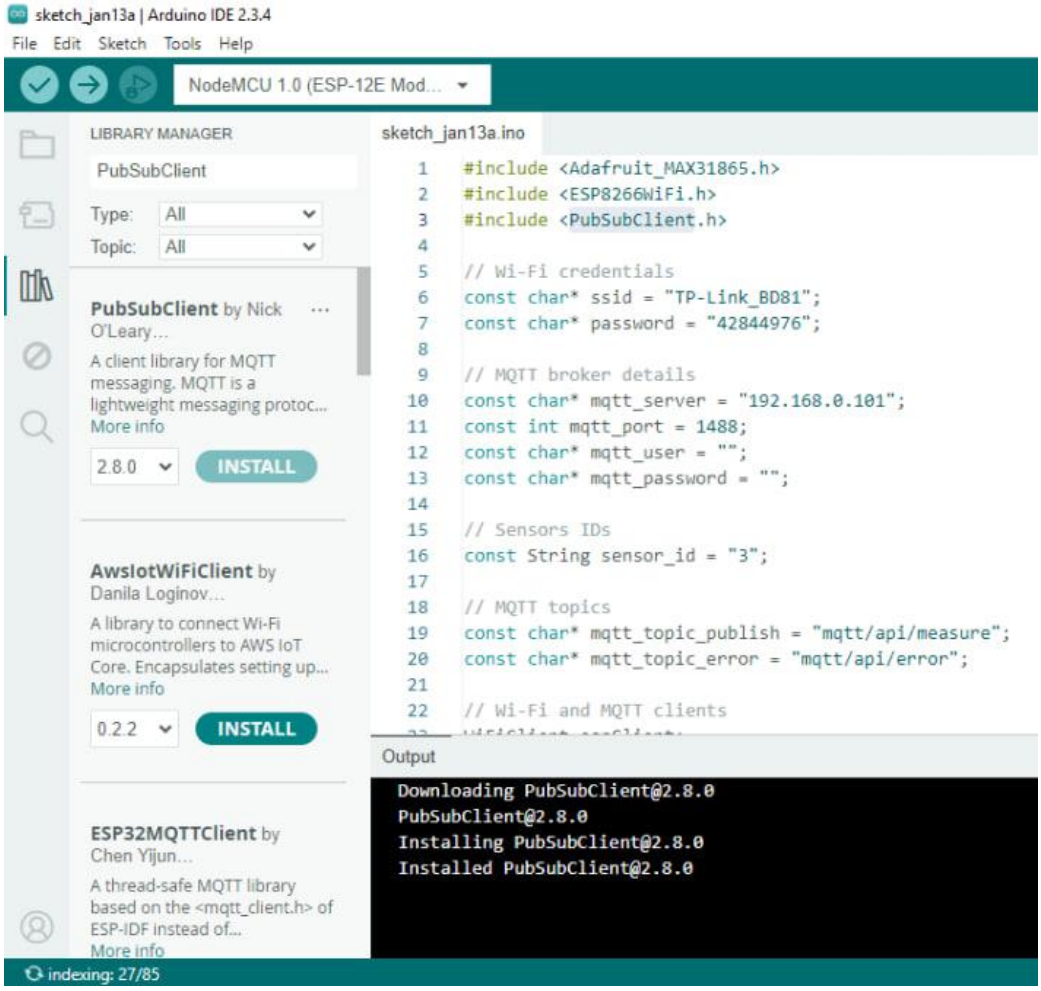


Рисунок 3.7 – Додавання підтримки бібліотеки для роботи з протоколом MQTT та мережею WiFi

3.2 Розгортання серверної частини

У сучасних системах моніторингу енергогенерації важливо забезпечити стабільність, масштабованість та простоту управління серверною частиною. Для досягнення цих цілей часто застосовуються контейнери, що дозволяють ізолювати компоненти системи, забезпечуючи їхню незалежність та легкість у розгортанні. Одним із найбільш популярних інструментів для цього є Docker. Ця технологія дає змогу створювати уніфіковані середовища для запуску додатків, що значно знижує складність налаштування та усуває ризик виникнення конфліктів середовищ розробки та продакшну.

У даному документі розглядається процес розгортання серверної частини системи моніторингу енергогенерації з використанням Docker та Docker-

compose, включно з інтеграцією API-сервера, бази даних та інших необхідних компонентів.

Для розгортання серверної частини системи моніторингу енергогенерації було вибрано технологію Docker, що дозволило значно спростити процес налаштування середовища, ізолювати додаток та забезпечити його гнучкість. Використання Docker дозволило створити образи, що включають усі необхідні залежності, конфігурації та середовище виконання для API-серверу, бази даних та MQTT брокера. Це допомогло уникнути проблем, пов'язаних з різними середовищами розробки та продакшн-середовищем, а також знизило ймовірність конфліктів з іншими службами на сервері.

У рамках цієї архітектури було створено декілька контейнерів:

- Один контейнер для API-серверу, що забезпечує доступ до даних про вимірювання та керування пристроями (сенсори, сонячні панелі).
- Один контейнер для бази даних PostgreSQL, що зберігає дані про сенсори, вимірювання та користувачів.
- Один контейнер для MQTT-брокера, що забезпечує передачу повідомлень між пристроями та сервером, забезпечуючи їхню синхронізацію в реальному часі.

Крім того, для забезпечення доступу до API, було використано сервіс Ngrok. Ngrok дозволяє створити безпечний тунель для доступу до локального API-серверу з Інтернету, що значно спрощує інтеграцію та тестування. Використання Ngrok дозволило отримати публічний URL для API, не налаштовуючи складну мережеву інфраструктуру та не відкриваючи порти на сервері.

Усі компоненти було скомпоновано за допомогою програми Docker-compose, таким чином, щоб сервер можна було легко підняти на будь-якому сервері, просто прописавши команду `docker-compose up`.

Для належної роботи системи був написаний програмний код:

```yaml
services:
  api:
    build: ./backend
    depends_on:
      - mqttbroker
      - database
    volumes:
      - ./backend:/app
      - ./backend/dockerbuild:/build
    networks:
      - app-network
      - db-network

  database:
    image: postgres:15
    ports:
      - "5435:5432"
    environment:
      POSTGRES_USER: kirixo
      POSTGRES_PASSWORD: 1111
      POSTGRES_DB: arkanovadb
    volumes:
      - ./db/ArkaNova.sql:/docker-entrypoint-initdb.d/ArkaNova.sql
    networks:
      - db-network
  ngrok:
    image: ngrok/ngrok:latest
    command: http app:4925 --url=literate-vastly-pony.ngrok-free.app
    environment:
      NGROK_AUTHTOKEN: 2hAY34ptDMfqzhti7skGACsKB5c_64p8iSLUv9Q5TJv7ckLfV
    networks:
      - app-network
  mqttbroker:
    build: ./mosquitto
    ports:
      - "1883:1883"
    networks:
      - app-network
networks:
  app-network:
  db-network:
```

Код для отримання звіту, щодо даних з певного датчика за певний проміжок часу.

```
QHttpServerResponse MeasurementHandler::getMeasurementsBySensor(const
QHttpServerRequest& request) {
bool ok;
qint64 sensorId =
request.query().queryItemValue("sensor_id").toLongLong(&ok);
if (!ok) {
return ResponseFactory::createResponse("Sensor ID is missing or
invalid.",
QHttpServerResponse::StatusCode::BadRequest);
}
auto startDateStr = request.query().queryItemValue("start_date");
auto endDateStr = request.query().queryItemValue("end_date");
QDateTime startDate = startDateStr.isEmpty()
? QDateTime()
: QDateTime::fromString(startDateStr, Qt::ISODate);
QDateTime endDate = endDateStr.isEmpty() ? QDateTime::currentDateTime()
: QDateTime::fromString(endDateStr, Qt::ISODate);
auto measurements = measurementRepository_-
>getMeasurementsBySensorAndDate(sensorId, startDate, endDate);
QJsonArray jsonMeasurements;
for (const auto& measurement : measurements) {
jsonMeasurements.append(measurement.toJson());
}
return
ResponseFactory::createJsonResponse(QJsonDocument(jsonMeasurements).toJso
n(),
QHttpServerResponse::StatusCode::Ok);
}
QList<Measurement>
MeasurementRepository::getMeasurementsBySensorAndDate(qint64 sensorId,
const QDateTime& startDate,
const QDateTime& endDate) {
QList<Measurement> measurements;
QSqlQuery query(DBController::getDatabase());
QString queryString = R"(
SELECT id, data, recorded_at, sensor_id
FROM measurement
WHERE sensor_id = :sensor_id
)";
if (!startDate.isNull()) {
queryString += " AND recorded_at >= :start_date";
}
if (!endDate.isNull()) {
queryString += " AND recorded_at <= :end_date";
}
queryString += " ORDER BY recorded_at DESC";
```

```
query.prepare(queryString);
query.bindValue(":sensor_id", sensorId);
if (!startDate.isNull()) {
query.bindValue(":start_date", startDate.toString(Qt::ISODate));
}
if (!endDate.isNull()) {
query.bindValue(":end_date", endDate.toString(Qt::ISODate));
}
if (query.exec()) {
while (query.next()) {
SensorRepository sensorRepository;
auto sensor =
sensorRepository.getSensorById(query.value("sensor_id").toLongLong());
if(!sensor) {
return {};
}
measurements.append(Measurement(query.value("id").toLongLong(),
query.value("data").toByteArray(),
query.value("recorded_at").toDateTime(),
sensor.value()));
}
} else {
qDebug() << "Database error while fetching Measurements by Sensor and
Date:" << query.lastError().text();

}
return measurements;
}
Отримання списку панелей користувача
QHttpServerResponse SolarPanelHandler::getSolarPanelListByUser(const
QHttpServerRequest& request) {
int userId = request.query().queryItemValue("user_id").toInt();
int page = request.query().queryItemValue("page").toInt() ?: 1;
int limit = request.query().queryItemValue("limit").toInt() ?: 25;
auto panels = solarPanelRepository_->getPanelsByUser(userId, page,
limit);
QJsonArray panelArray;
for (const auto& panel : panels) {
panelArray.append(panel.toJson());
}
return
ResponseFactory::createJsonResponse(QJsonDocument(panelArray).toJson(),
QHttpServerResponse::StatusCode::Ok);
}
QList<SolarPanel> SolarPanelRepository::getPanelsByUser(qint64 userId,
qint32 page, qint32 limit) {
QList<SolarPanel> solarPanels;
int offset = (page - 1) * limit;
QSqlQuery query(DBController::getDatabase());
query.prepare("SELECT id, location, user_id FROM solar_panel WHERE
user_id = :user_id LIMIT :limit OFFSET :offset");
```

```
query.bindValue(":user_id", userId);
query.bindValue(":limit", limit);
query.bindValue(":offset", offset);
if (query.exec()) {
UserRepository userRepository;
while (query.next()) {
auto user = userRepository.getUserById(userId);
if (!user) {
return {};
}
solarPanels.append(SolarPanel(query.value("id").toLongLong(),
query.value("location").toString(),
user.value()));
}
}
return solarPanels;
}
```

Написаний також програмний код налаштування IoT клієнта:

```
#include <Adafruit_MAX31865.h>
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>

// Wi-Fi credentials
const char* ssid = "WIFI-NAME";
const char* password = "password";

// MQTT broker details
const char* mqtt_server = "192.168.0.101";
const int mqtt_port = 1883;
const char* mqtt_user = "";
const char* mqtt_password = "";

// Sensors IDs
const String sensor_id = "3";

// MQTT topics
const char* mqtt_topic_publish = "mqtt/api/measure";
const char* mqtt_topic_error = "mqtt/api/error";

// Wi-Fi and MQTT clients
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);

void connectWiFi();
void connectMQTT();
void callback(char* topic, byte* message, unsigned int length);

// MAX31865 pins
#define MAX_CS   D8 // Chip Select
```

```
#define MAX_MOSI D7 // Master Out Slave In
#define MAX_MISO D6 // Master In Slave Out
#define MAX_CLK  D5 // Clock

// Create an instance of the sensor (RTD type, wires)
Adafruit_MAX31865 max31865 = Adafruit_MAX31865(MAX_CS, MAX_MOSI,
MAX_MISO, MAX_CLK);

const float MIN_TEMPERATURE = -50.0;
const float MAX_TEMPERATURE = 150.0;

void setup() {
  Serial.begin(9600);

  connectWiFi();

  // Setup MQTT client
  client.setServer(mqtt_server, mqtt_port);
  client.setCallback(callback);
  connectMQTT();

  // Initialize the MAX31865 (2-wire PT100)
  max31865.begin(MAX31865_2WIRE);
}

void connectWiFi() {
  Serial.print("Connecting to Wi-Fi");
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("\nWi-Fi connected. IP address: " +
WiFi.localIP().toString());
}

void connectMQTT() {
  Serial.print("Connecting to MQTT broker...");
  while (!client.connected()) {
    String clientId = "ESP32Client-" + String(random(0xffff), HEX);
    if (client.connect(clientId.c_str(), mqtt_user, mqtt_password)) {
      Serial.println("connected.");
    } else {
      Serial.print("failed, rc=");
      Serial.print(client.state());
      Serial.println(" retrying in 5 seconds.");
      delay(5000);
    }
  }
}
```

3.3 Випробування IoT-девайсу

На простих домашніх тестах прототип показав свою працездатність. Наступним етапом для перевірки точності й надійності вимірювання прототип був випробуваний у лабораторних умовах (рис. 3.8-3.10).

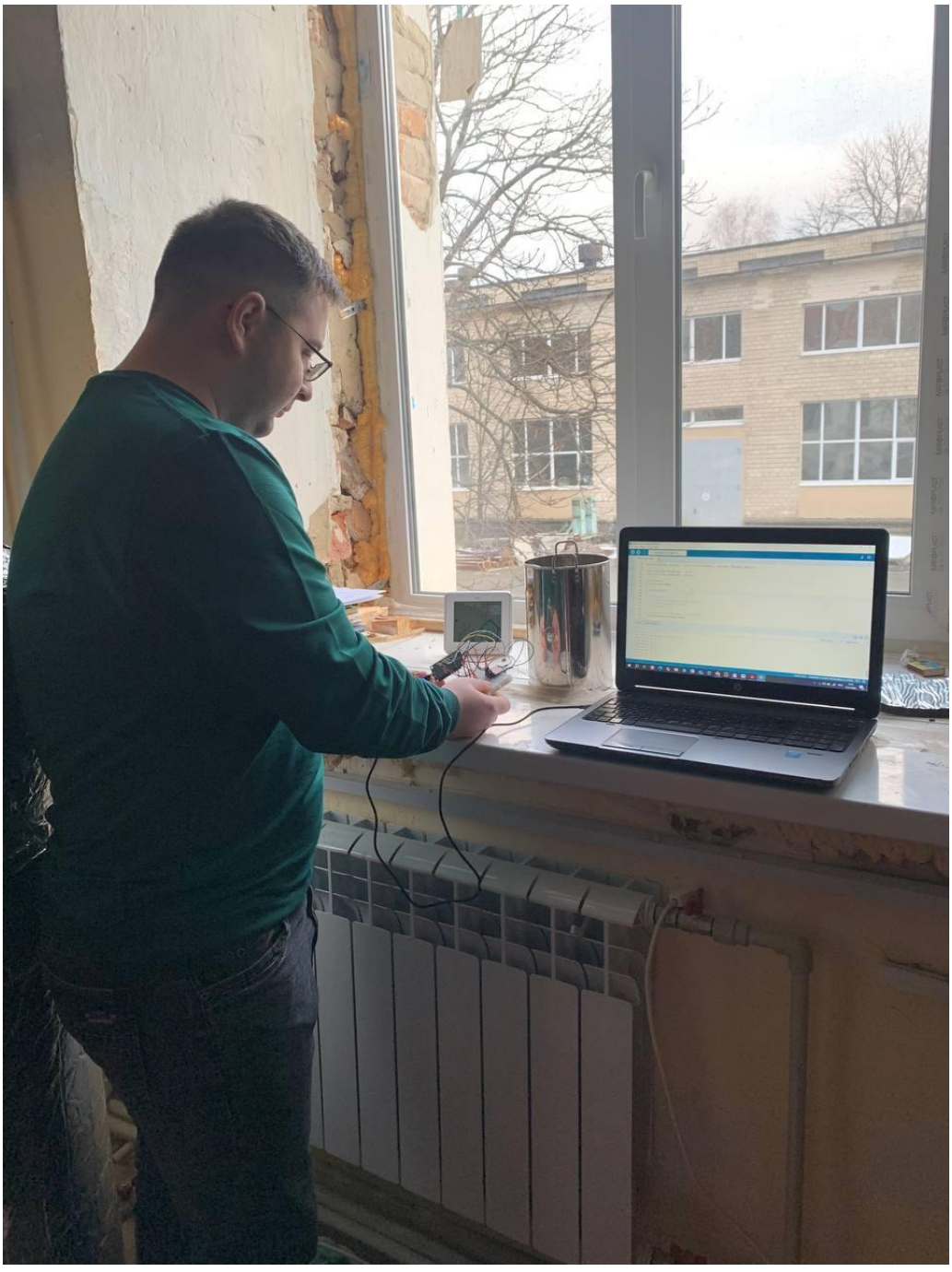


Рисунок 3.8 – Випробування IoT-пристрою в лабораторії

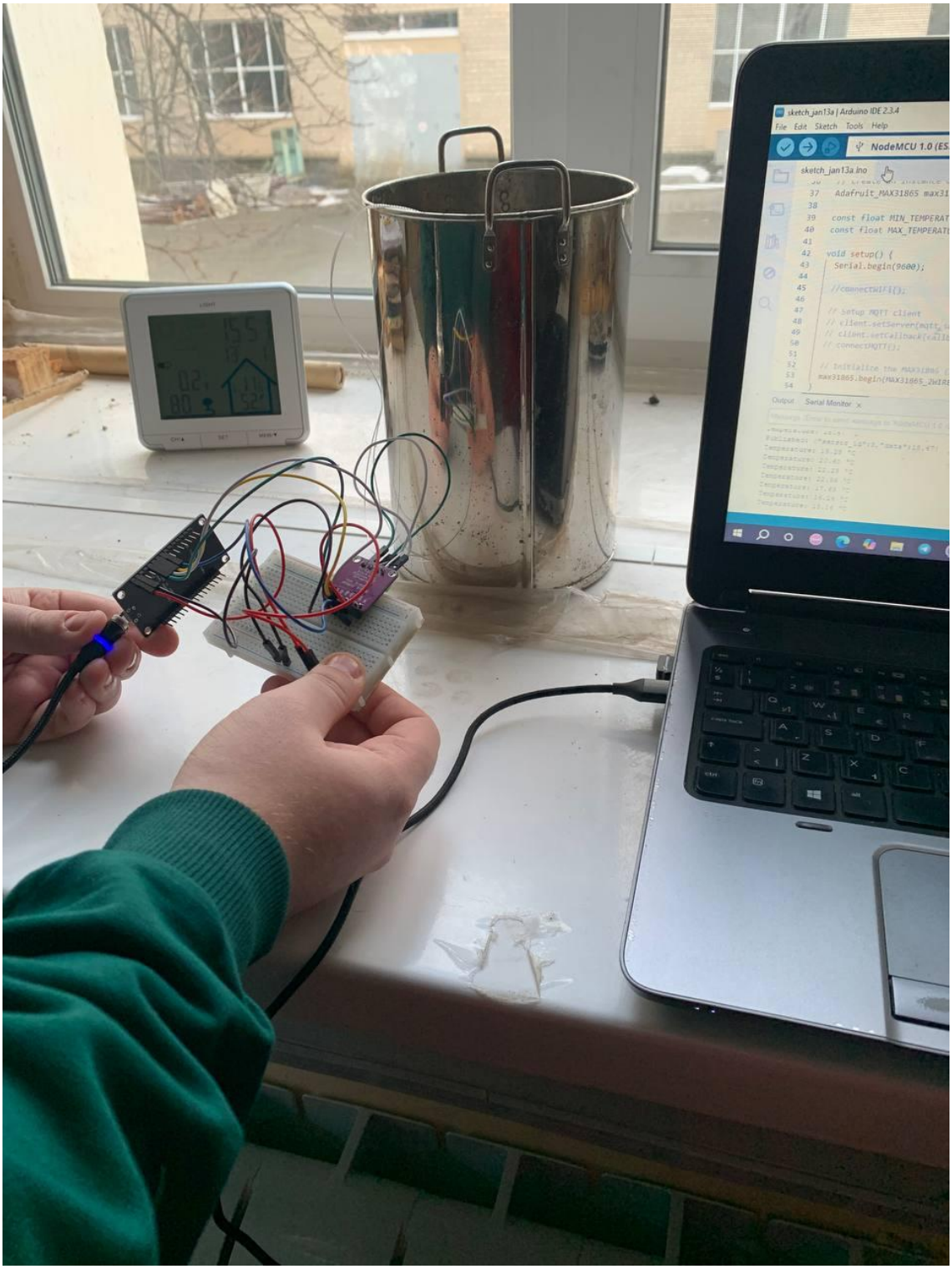


Рисунок 3.9 – Налаштування IoT-пристрою

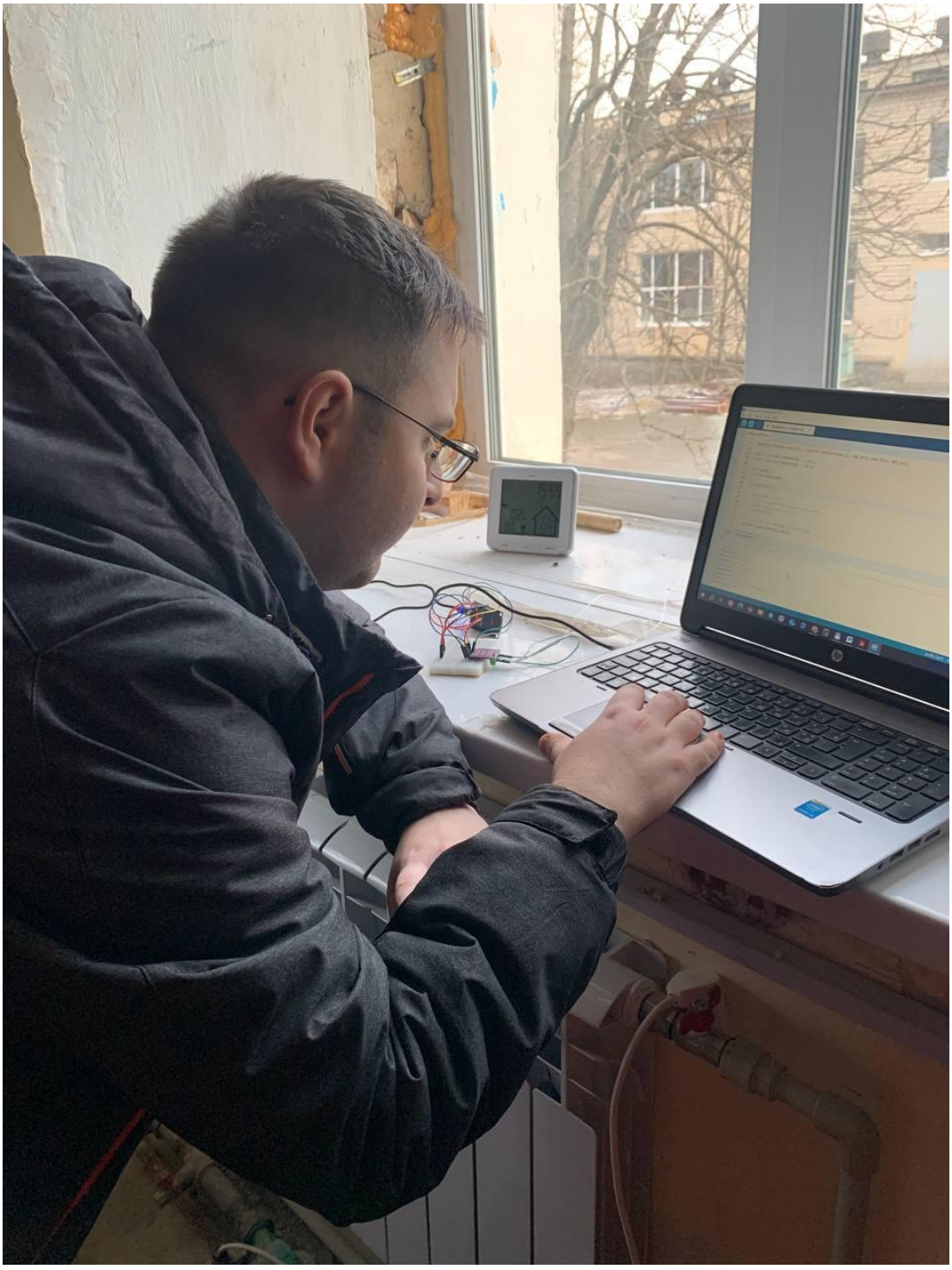


Рисунок 3.10 – Підготовка до роботи IoT-пристрою

Суть дослідів полягала в тому, що створювалися середовища з різною передбачуваною температурою й проводилися вимірювання, як створеним пристроєм, так і високоточним лабораторним термометром (рис. 3.11 – 3.12).

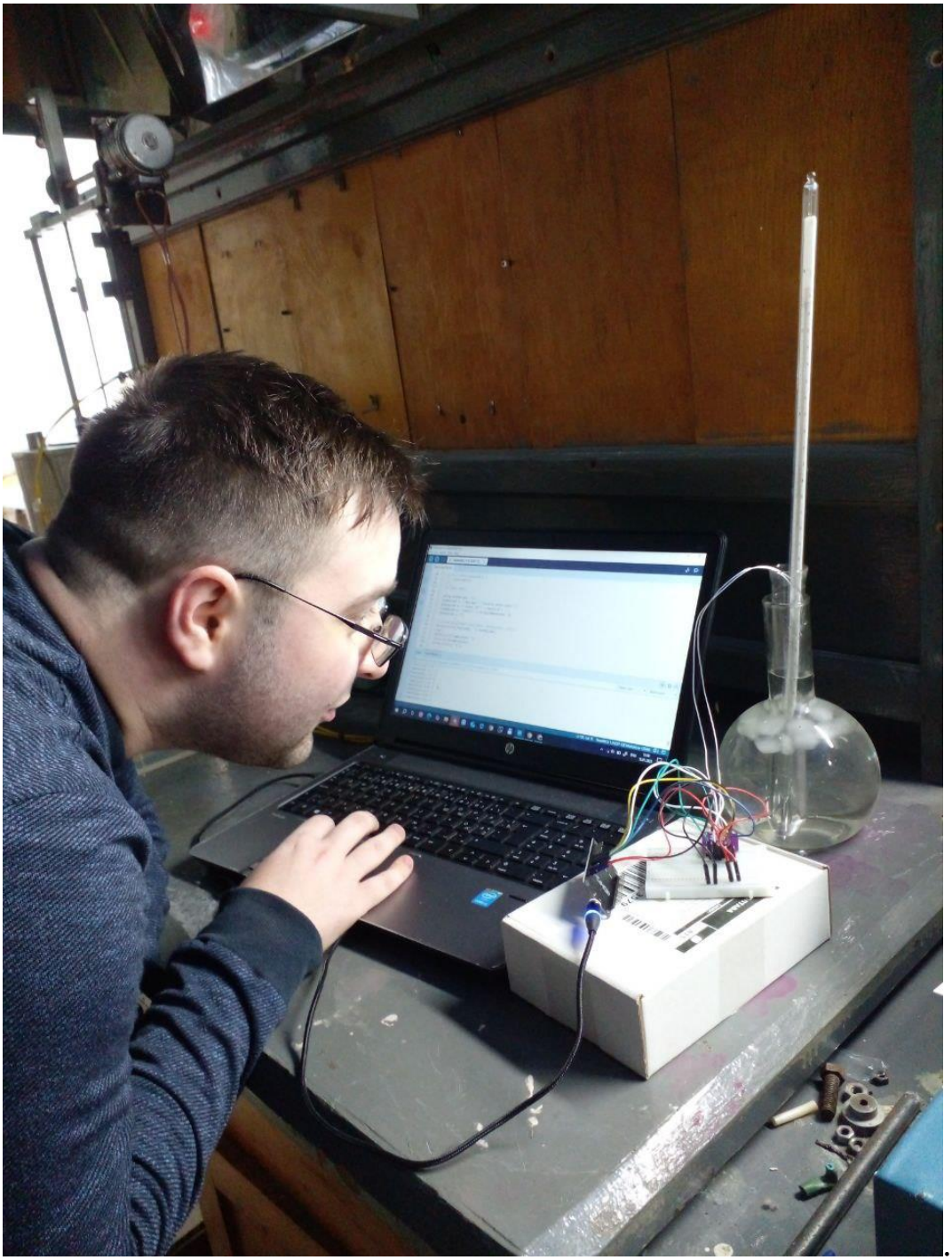


Рисунок 3.11 – Тестування працездатності та точності IoT-девайсу в лабораторії

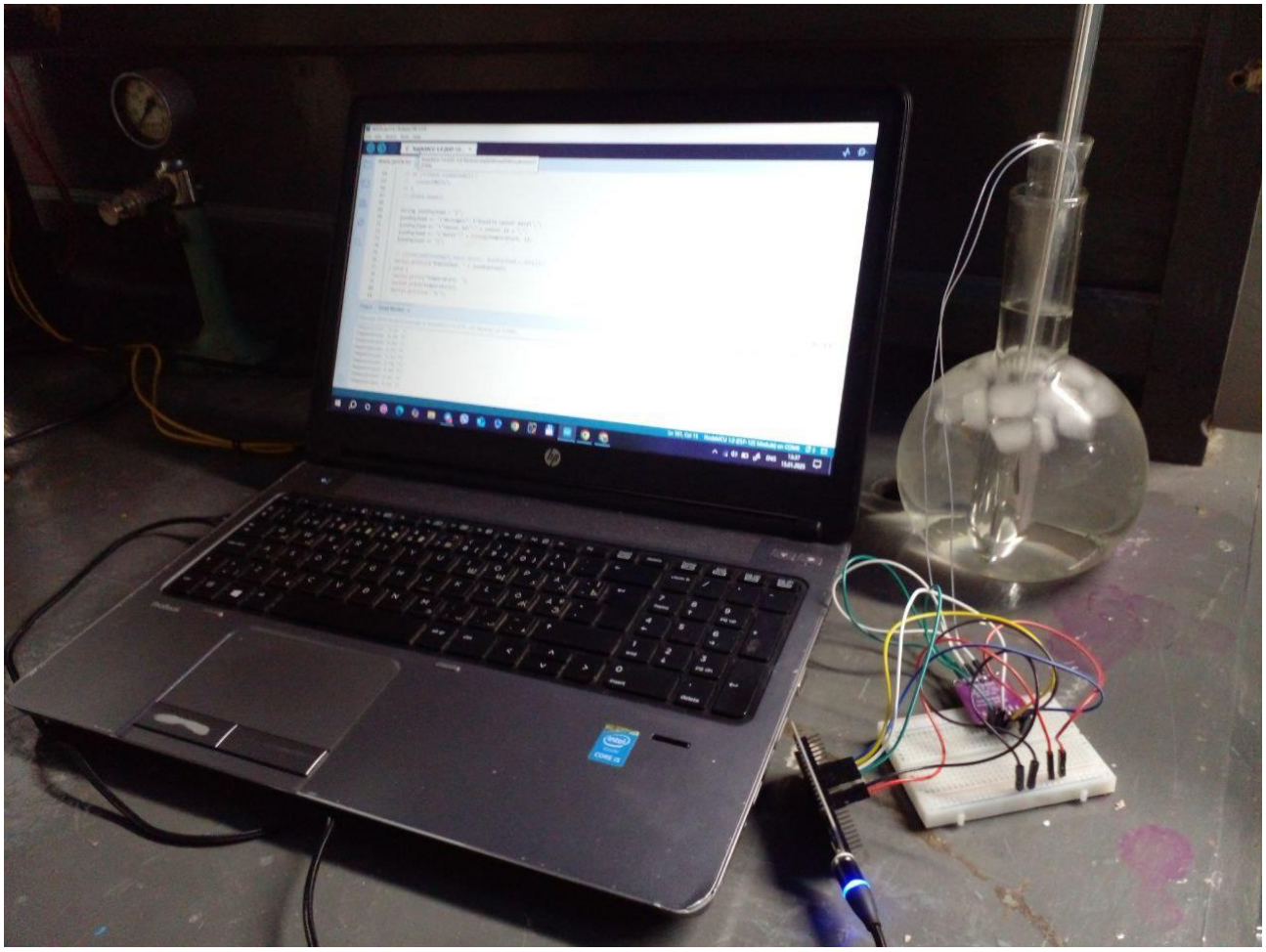


Рисунок 3.12 – Процес тарування нового IoT-пристрою на колбі з льодом

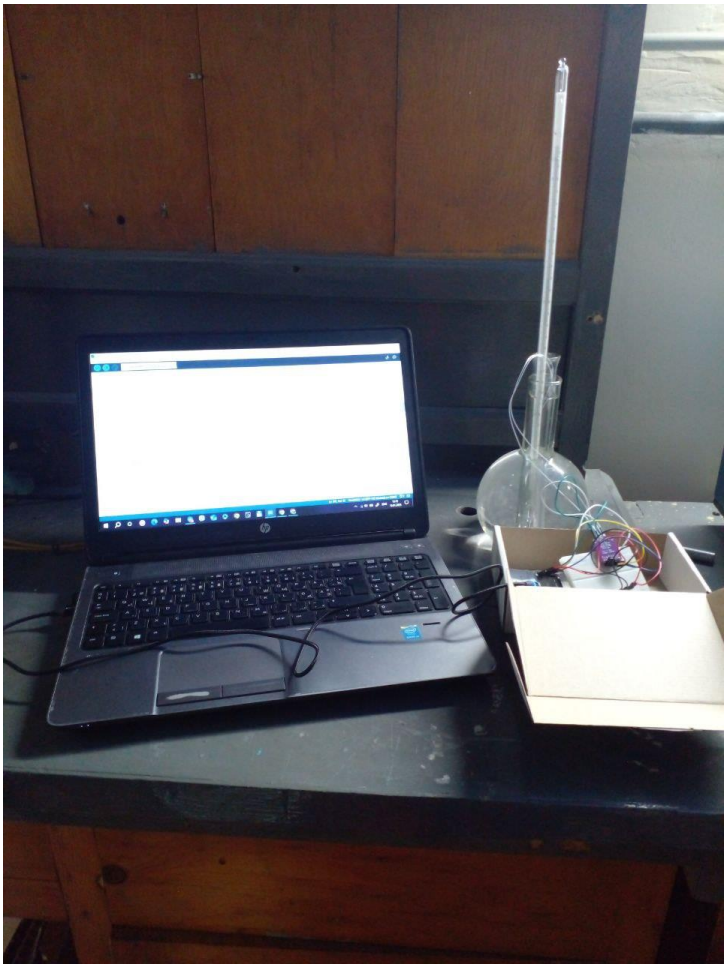


Рисунок 3.13 – Процес тарування нового IoT-пристрою на колбі з теплою водою

Оскільки початкові експерименти показали відхилення температури приблизно на 2 градуси Цельсія, то були проведені додаткові налаштування опору перетворювача для уникнення погрішності.

Серія подальших дослідів дозволила вийти на доволі точне спів падіння з точністю до 0,1 °C. Отже, розроблений пристрій цілком може бути використаний для лабораторних досліджень.

3.4. Аналіз дослідних даних

Для дослідження ефективності сонячної панелі, починаючи з травня 2024 року, проводилися лабораторні вимірювання температури на поверхні панелі,

струму та напруги, які йдуть від неї. Добуток струму та напруги давав можливість отримати згенеровану потужність у Вт, а температура на панелі дозволяла оцінити, як впливає перегрів панелі на її продуктивність. Отримані значення напруги коливалися в інтервалі від 0 до 50 В, а струму – від 0 до 10 А.

Осереднені значення напруги помісячно наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Середньомісячна генерація сонячною панеллю

№	**Місяць**	**Потужність**	**Примітка**
1	травень 2024	255 Вт	
2	червень 2024	254 Вт	
3	липень 2024	266 Вт	
4	**серпень 2024**	**307 Вт**	
5	вересень 2024	209 Вт	
6	жовтень 2024	229 Вт	
7	листопад 2024	23 Вт	через хмари
8	грудень 2024	20 Вт	

У таблиці виділено місяць найбільшої генерації та найменшої. Цілком прогнозовано найменша генерація була в грудні, а найбільша – в серпні. Виявлено великий вплив хмарності, який може бути вирішальним, не залежно від інших факторів.

За отриманими результатами побудовано відповідний графік, що характеризує зміну потужності, яку генерує досліджувана сонячна панель за період досліджень тривалістю 8 місяців. Графік зміни потужності панелі показано на рисунку 3.14.

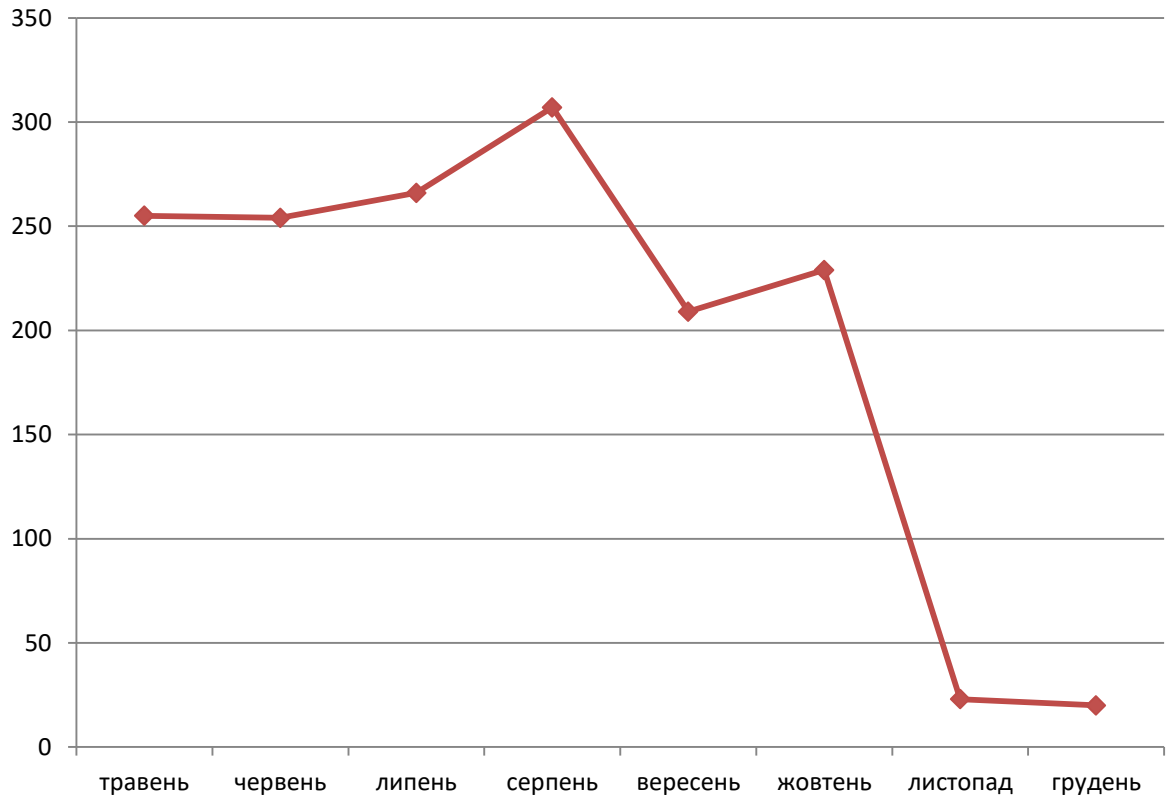


Рисунок 3.14 – Динаміка зміни потужності, згенерованої сонячною панеллю

Отримані результати виглядають цілком логічно, за винятком листопада.

Загалом, у листопаді були й сонячні дні, але з технічних причин не було можливості саме в ці дні проводити вимірювання. Оскільки кількість сонячних днів у листопаді була дуже малою, то не вдалося застати сприятливі погодні умови.

У майбутніх дослідженнях ця проблема пропуску сприятливих умов для досліджень не стоятиме, оскільки наразі вона вирішена шляхом розробки IoT-девайсу, який буде забезпечувати вимірювання необхідних параметрів в режимі реального часу, їх фіксацію та зберігання на сервері з можливістю доступу з будь-якої точки світу в будь-який момент часу.

Нараз пристрій був перевірений лише на здатність вимірювання температури, але вже досліджена теоретична можливість приєднання датчиків освітленості (рис. 3.12), струму та напруги для забезпечення фіксації ключових факторів.

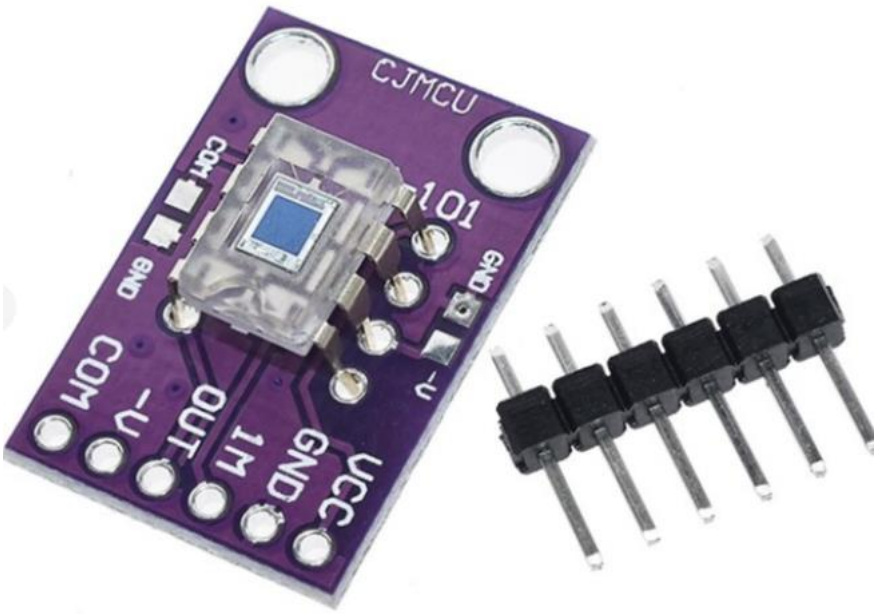


Рисунок 3.15 – Датчик освітленості OPT101 MCU101

Для оцінки параметрів зовнішнього повітря може бути використаний датчик температури, вологості та барометричного тиску, зображений на рис. 3.16.

Рисунок 3.16 – Датчик температури, вологості та барометричного тиску BME280 5В I2C

Можливе також збільшення кількості точок вимірювання температури на поверхні панелі завдяки використанню високоточних вологонепроникних температурних датчиків з цифровим сигналом типу DS18B20, загальний вигляд яких показано на рис.3.17. Завдяки тому, що датчик є цифровим, можливе приєднання великої кількості датчиків в паралель до одного пристрою, а їх опитування буде відбуватися почергово. При невеликому заданому інтервалі вимірювань похибка від неодночасного знімання показників буде незначною.

Рисунок 3.17 – Температурний датчик типу DS18B20.

Отже, розроблений пристрій має великі перспективи подальшого застосування в лабораторних дослідженнях, а на основі розробленого прототипу можуть бути створені комплексні сучасні вимірювальні пристрої, які забезпечуватимуть високу точність та зручність вимірювань, що розширить можливості дослідників.

ВИСНОВКИ

Сонячна енергетика є одним із найбільш перспективних і швидко зростаючих секторів у галузі відновлюваних джерел енергії, що в перспективі може стати одним із головних джерел енергії в майбутньому. Її використання дозволяє вирішувати одночасно декілька глобальних завдань: забезпечення стабільного енергопостачання, зменшення залежності від викопного палива та зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

Сонячні фотоелектричні панелі відіграють важливу роль у майбутній енергетичній системі світу, розвиток цієї галузі відкриває нові можливості для енергонезалежності, економічної стабільності та екологічної безпеки, а оцінка ефективності сонячних панелей та ступеню впливу вирішальних факторів потребує подальших досліджень.

Україна має всі шанси стати одним із ключових гравців у сонячній енергетиці Східної Європи. Для цього необхідно забезпечити модернізацію енергетичної інфраструктури, інвестувати у новітні технології та підтримувати приватні ініціативи щодо впровадження сонячних установок.

Подальші дослідження та інновації у сфері сонячної енергетики, зокрема розробка нових матеріалів, розвиток систем зберігання енергії та інтеграція фотовольтаїки з IoT-пристроями, мають величезний потенціал для забезпечення сталого енергетичного майбутнього.

Розроблений IoT-пристрій дозволяє вимірювати температуру в режимі реального часу й передавати дані для зберігання на сервер для подальшого виведення користувачу по запиту з будь-якої точки світу за наявності інтернету. Пристрій має великі перспективи подальшого застосування в лабораторних дослідженнях, а на основі розробленого прототипу можуть бути створені комплексні сучасні вимірювальні пристрої, які забезпечуватимуть високу точність та зручність вимірювань, що розширить можливості дослідників.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України „Про енергозбереження” (74/94-вр) від 01.07.1994р.
2. Закон України від 22.06.2017року№2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель».
3. Шість кроків до енергоефективності будівель в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ecotown.com.ua/news/SHist-krokiv-do-enerhoefektyvnosti-budivel-v-Ukrayini/
4. Практичні поради, як збільшити енергоефективність житла [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://vdalo.info/praktichni-poradi-yak-zbilshiti-energoefektivnist-zhitla/
5. Костюк, Н. П., & Смирнов, А. О. (2018). Сонячна енергетика: Основи та перспективи розвитку в Україні. Київ: Наукова думка.
6. Кравчук, В. І. (2019). Енергоефективні технології в системах електропостачання на базі сонячної енергії. Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна.
7. European Commission. (2020). European Green Deal: Renewable Energy and Solar Power Development.
8. International Renewable Energy Agency (IRENA). (2021). Renewable Power Generation Costs in 2020.
9. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE). (2020). Photovoltaics Report: The Status of Solar Energy and Market Trends.
10. Пустовойт, Л. А., & Олійник, М. В. (2020). Фотоелектричні системи: Теорія та практика. Львів: Видавництво ЛНУ ім. І. Франка.
11. Agency for the Cooperation of Energy Regulators (ACER). (2019). Electricity Infrastructure and Integration of Solar Power in Europe. Brussels: ACER Publications.
12. Jacobson, M. Z., & Delucchi, M. A. (2019). 100% Clean and Renewable Wind, Water, and Solar Power Worldwide: The Future of Energy.

13. Кузнєцов, С. Г., & Лазарєв, Д. М. (2021). Енергетична безпека та відновлювані джерела енергії. Донецьк: ДонНУЕТ.
14. A. Mondal, M. J. Ali and P. Dutta, "IoT Enabled Smart Solar Panel Monitoring System Based on Boltuino Platform," 2022 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS), Toronto, ON, Canada, 2022, pp. 1-7, doi: 10.1109/IEMTRONICS55184.2022.9795836.
15. A. Mondal, M. J. Ali and P. Dutta, "IoT Enabled Smart Solar Panel Monitoring System Based on Boltuino Platform," 2022 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS), Toronto, ON, Canada, 2022, pp. 1-7, doi: 10.1109/IEMTRONICS55184.2022.9795836.
16. Catalin Batrinu. ESP 8266 Home Automation projects. - BIRMINGHAM – MUMBAI: Packt Publishing Ltd., 2017. – 226 p.
17. Енергоефективність фотоелектричних перетворювачів для забезпечення екологічно чистої енергетики: [монографія] / С.О. Вамболь, Я.О. Сичікова, Н.В. Дейнеко – Бердянськ : Видавець Ткачук О.В., 2016. – 256 с.

Сонячна енергія. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://dieret.rea.org.ua/uk/solar-energy.html

19. Як IoT у системах сонячної енергії може допомогти енергетичним компаніям? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.dusuniot.com/uk/blog/iot-in-solar-energy/
20. Як працює сонячна батарея? [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://sun-energy.com.ua/statti/yak_pratsyuye_sonyachna_panel.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГЕЛІОУСТАНОВКИ В ЛАБОРАТОРІЇ ЗЕЛЕНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ «ПОЛТАВСЬКОЇ ПОЛІТЕХНІКИ»

Мета роботи – аналіз параметрів роботи геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської політехніки» та дослідження її ефективності.

Основні задачі дослідження:

- вивчити сучасний стан щодо використання сонячних панелей;
- проаналізувати перспективи поширення фотовольтаїки;
- дослідити обладнання існуючої геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської політехніки»;
- побудувати схему установки;
- оцінити ефективність роботи наявної геліоустановки та фактори впливу;
- проаналізувати можливі засоби вдосконалення геліоустановки;
- розробити та впровадити заходи для покращення роботи геліоустановки.
- Об’єкт досліджень – геліоустановка в лабораторії зеленої енергетики НУПП.

Предметом досліджень є ефективність генерації електричної енергії геліоустановкою.

Наукова новизна отриманих результатів. Науковою новизною роботи є інтеграція IoT-пристрою з фотовольтаїчною системою, дослідження динаміки зміни генерації енергії сонячною панеллю.

Практичне значення роботи. Результати дозволять оптимізувати процес проведення досліджень із автоматичною фіксацією даних.

Погоджено:

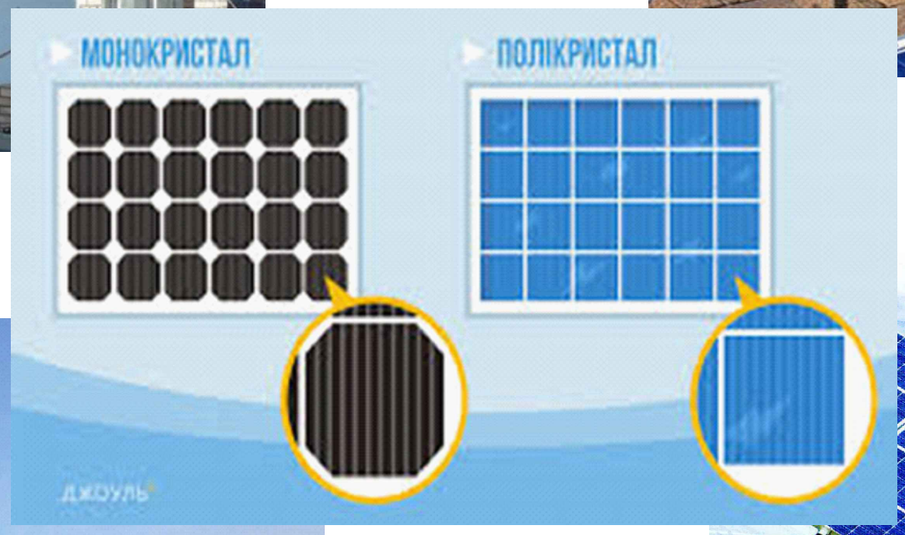
Зам.інв.№

Підпис і дата

Інв.№ дубл.

					2025	МР601-НТ.11393311.МР		
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата	Дослідження ефективності геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської Політехніки»		
Розробив		Кириченко В.В.					Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Чернецька І.В.					Р	1	9
Н. контроль		Голік Ю.С.				Мета і задачі дослідження	Національний університет “Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка”	
Зав. кафедри		Голік Ю.С.						

ВИДИ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ



Погоджено:

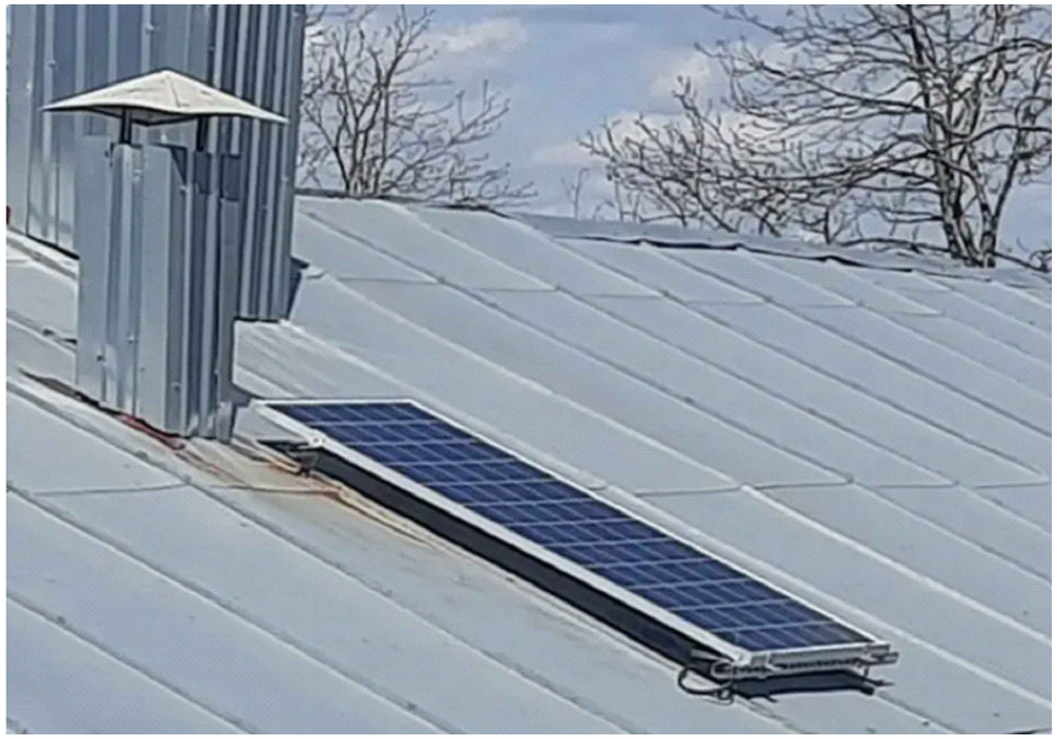
Зам.інв.№

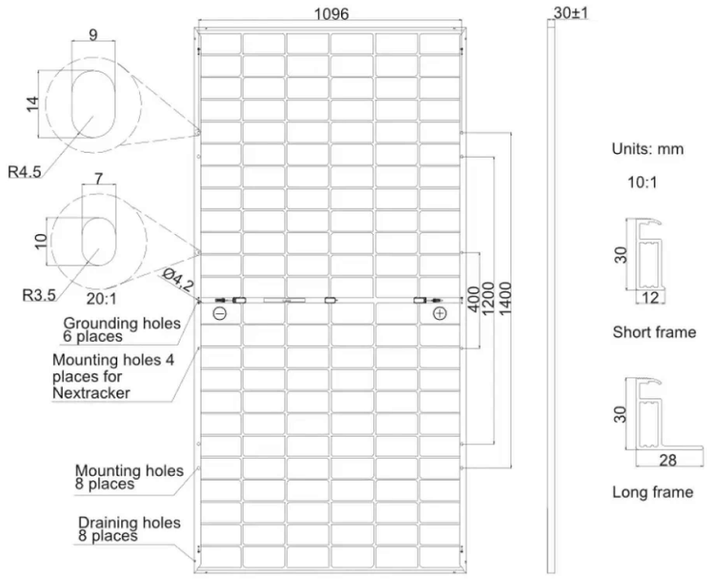
Підпис і дата

Інв.№ др.

					2025	МР601-НТ.11393311.МР			
						Дослідження ефективності геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської Політехніки»			
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата		Стадія	Аркуш	Аркушів
Розробив		Кириченко В.В.					Р	2	9
Перевірив		Чернецька І.В.							
Н. контроль		Голік Ю.С.				Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"			
Зав. кафедри		Голік Ю.С.							

НАЯВНА ГЕЛІОУСТАНОВКИ ФАКТОРИ ВПЛИВУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ





1. Вплив кліматичних умов
2. Сонячна активність
3. Хмарність
4. Кількість опадів
5. Вологість і вітер
6. Кут нахилу панелей та їх розташування
7. Кут нахилу панелі та її орієнтація
8. Тінь
9. Температура, пил та забруднення
10. температурний режим.
11. Температурний коефіцієнт:
12. Пил і забруднення:
13. Деградація панелей

					2025	МР601-НТ.11393311.МР		
						Дослідження ефективності геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської Політехніки»		
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата			
Розробив		Кириченко В.В.					Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Чернецька І.В.					Р	3	9
Н. контроль		Голік Ю.С.				Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		
Зав. кафедри		Голік Ю.С.						

Погоджено:

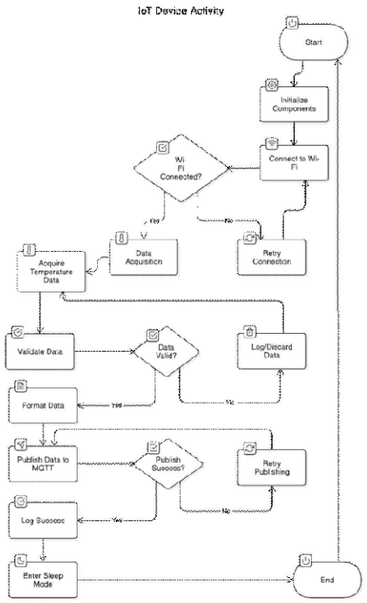
Зам.інв.№

Підпис і дата

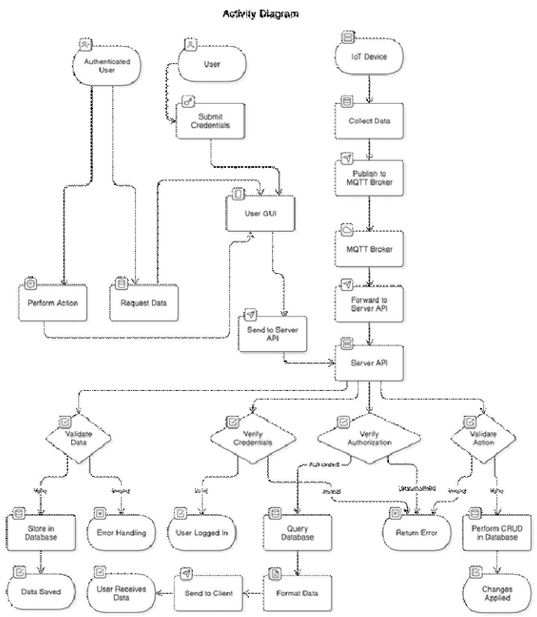
Інв.№ дуб.

ПЛАНУВАННЯ РОЗРОБКИ

Діаграма діяльності IoT



Діаграма діяльності серверної частини



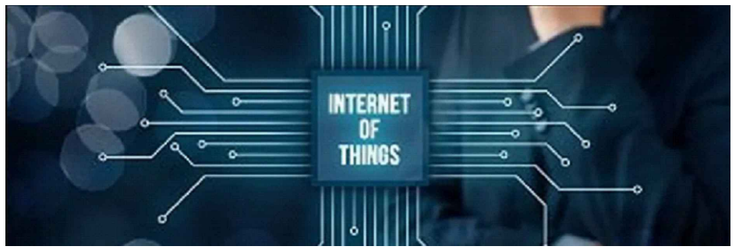
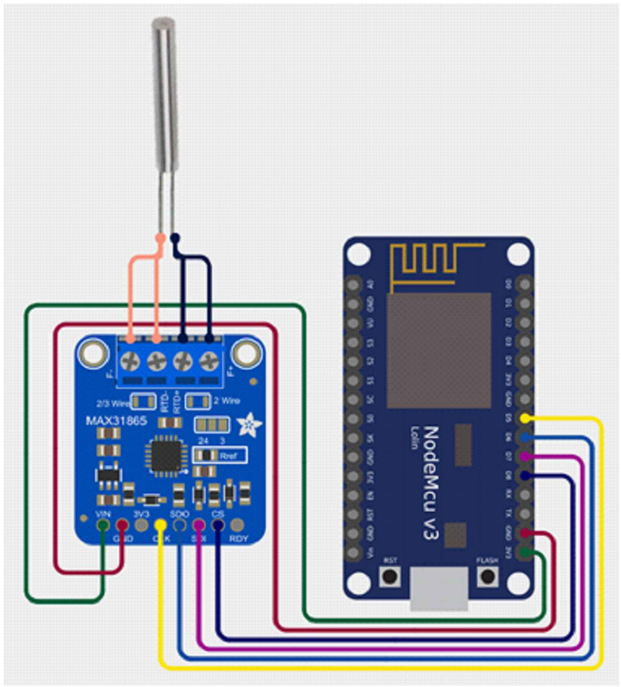
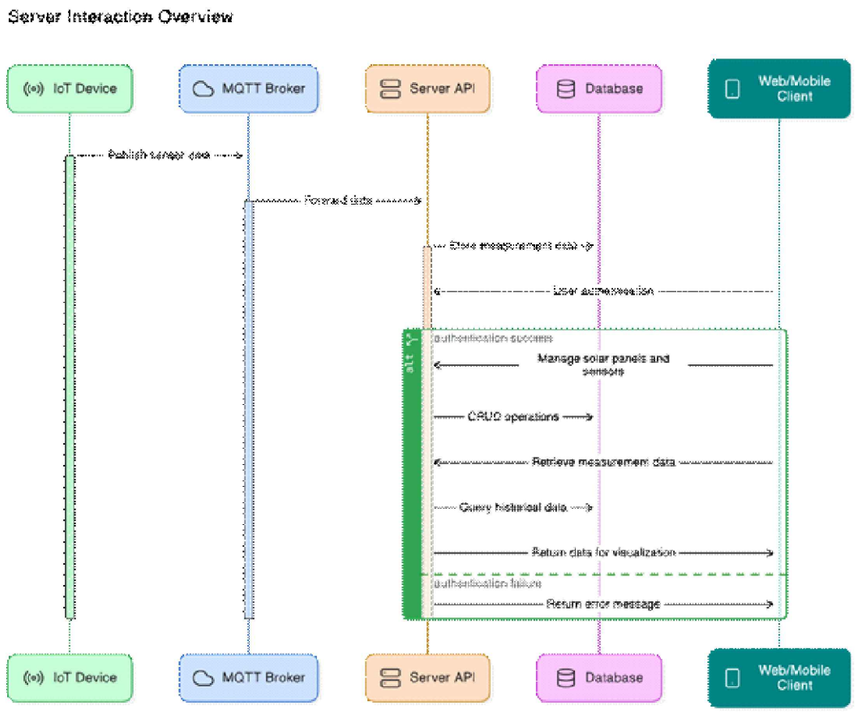


Схема підключення компонентів



Діаграма взаємодії серверної частини



					2025	МР601-НТ.11393311.МР
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата	Дослідження ефективності геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської Політехніки»
Розробив		Кириченко В.В.				Стадія: Р; Аркуш: 4; Аркушів: 9
Перевірив		Чернецька І.В.				
Н. контроль		Голік Ю.С.				Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"
Зав. кафедри		Голік Ю.С.				

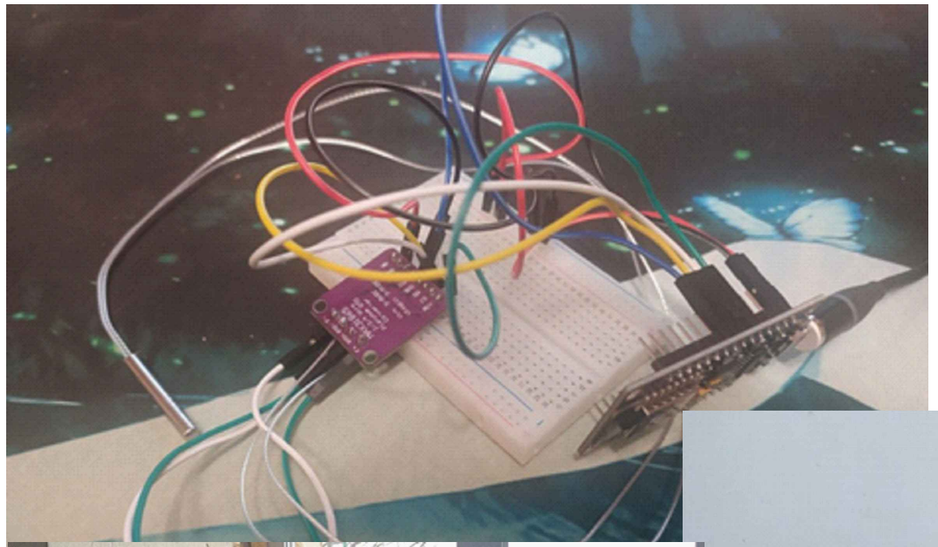
Погоджено:

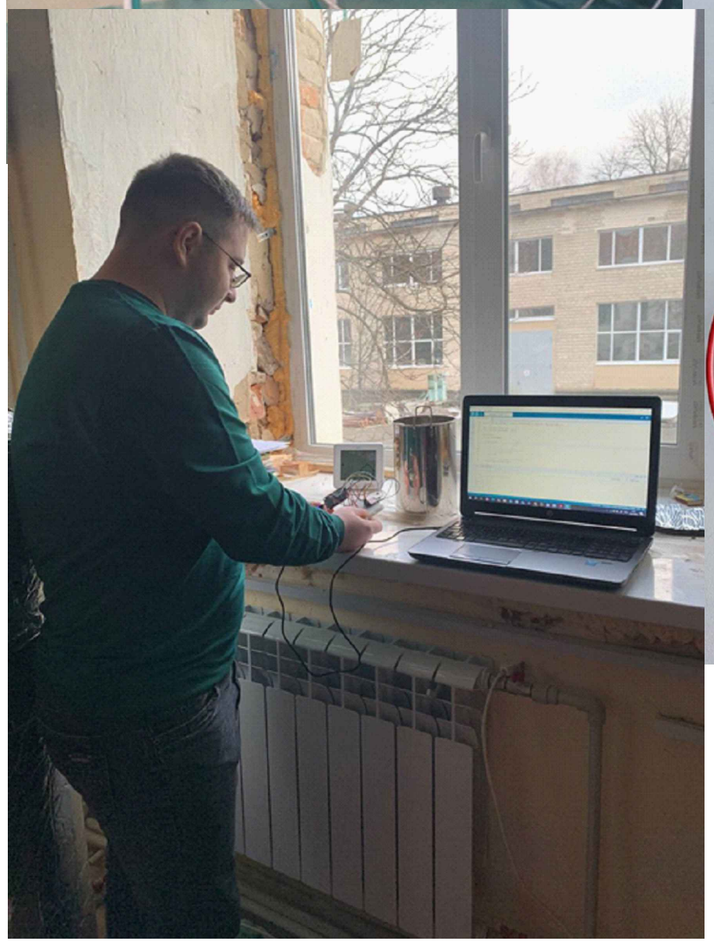
Зам.інв.№

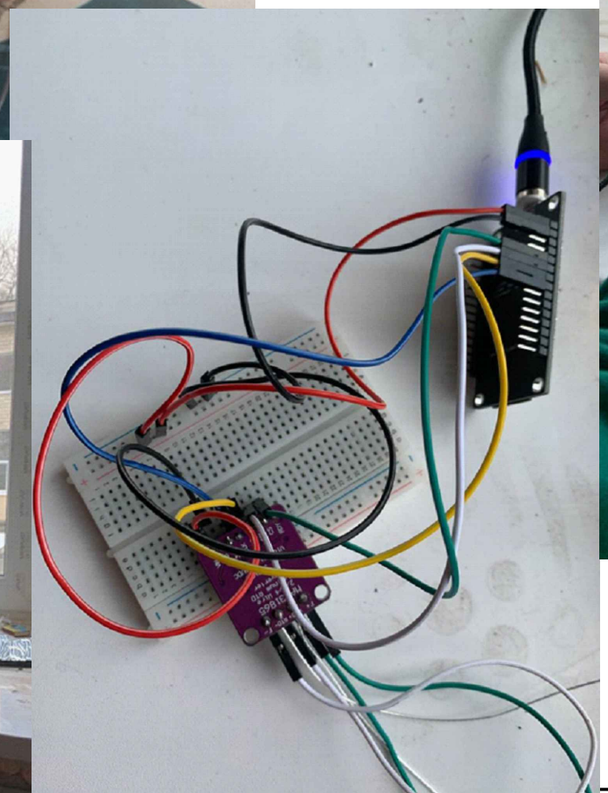
Підпис і дата

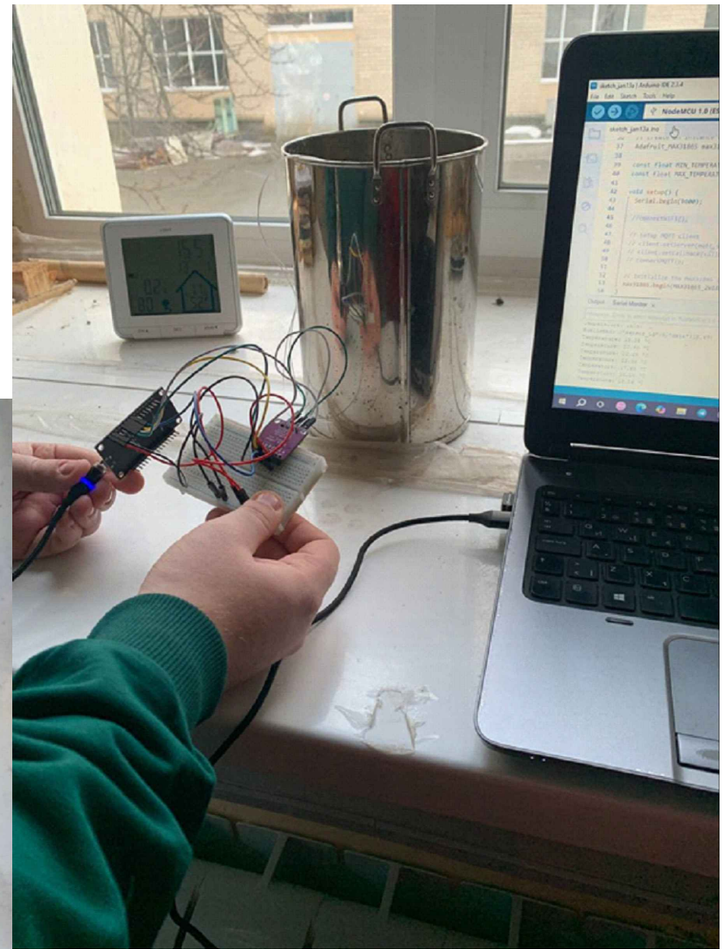
Інв.№ дуб.

ТЕСТУВАННЯ ГОТОВОГО ПРОТОТИПУ IoT







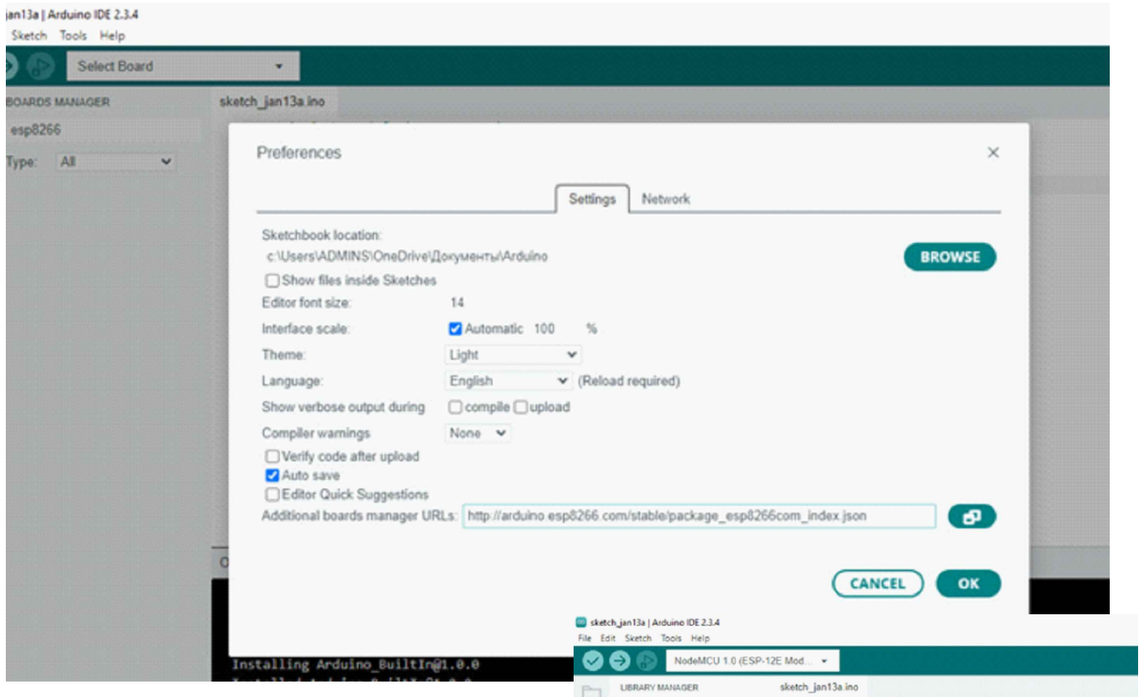


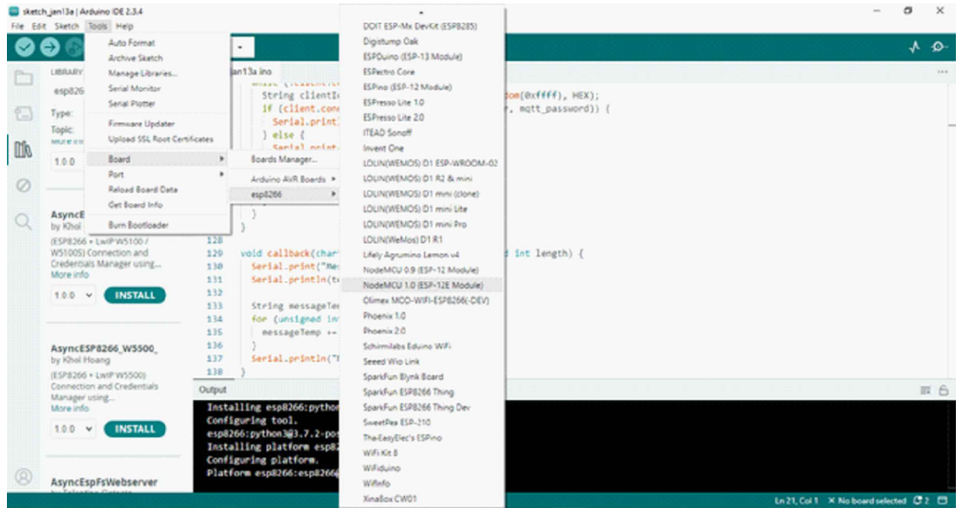
Погоджено:

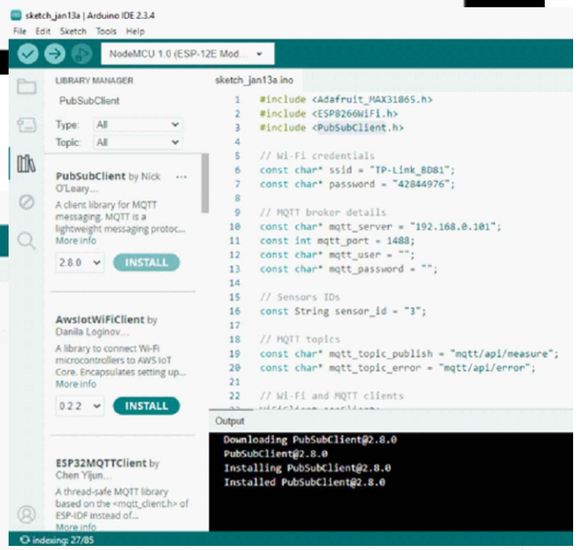
Інв.№ ар. | Підпис і дата | Зам.інв.№

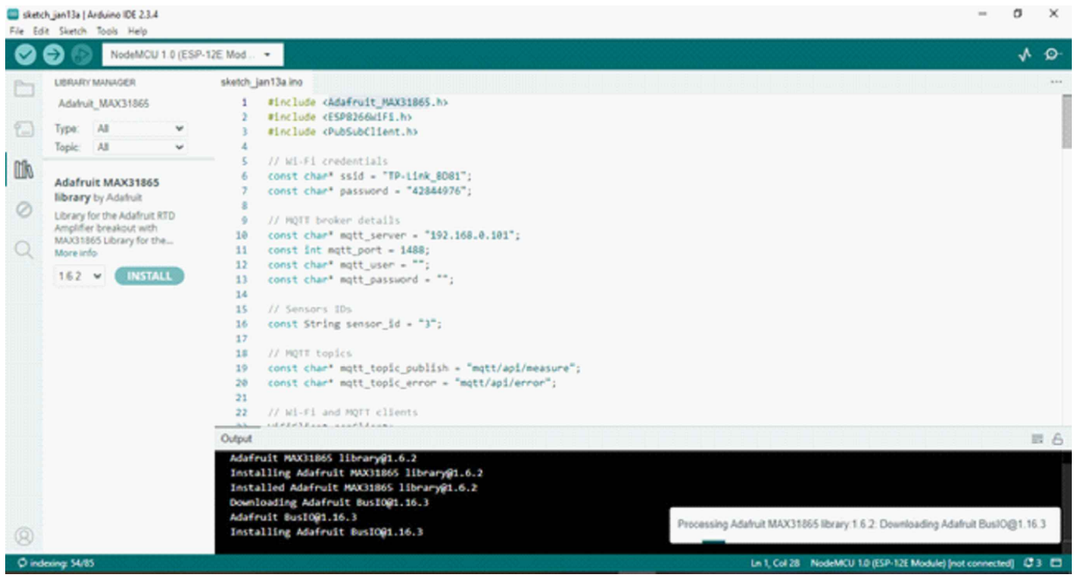
					2025	MP601-НТ.11393311.МР		
						Дослідження ефективності геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської Політехніки»		
Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата			
Розробив		Кириченко В.В.					Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Чернецька І.В.					Р	5	9
Н. контроль		Голік Ю.С.				Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"			
Зав. кафедри		Голік Ю.С.							

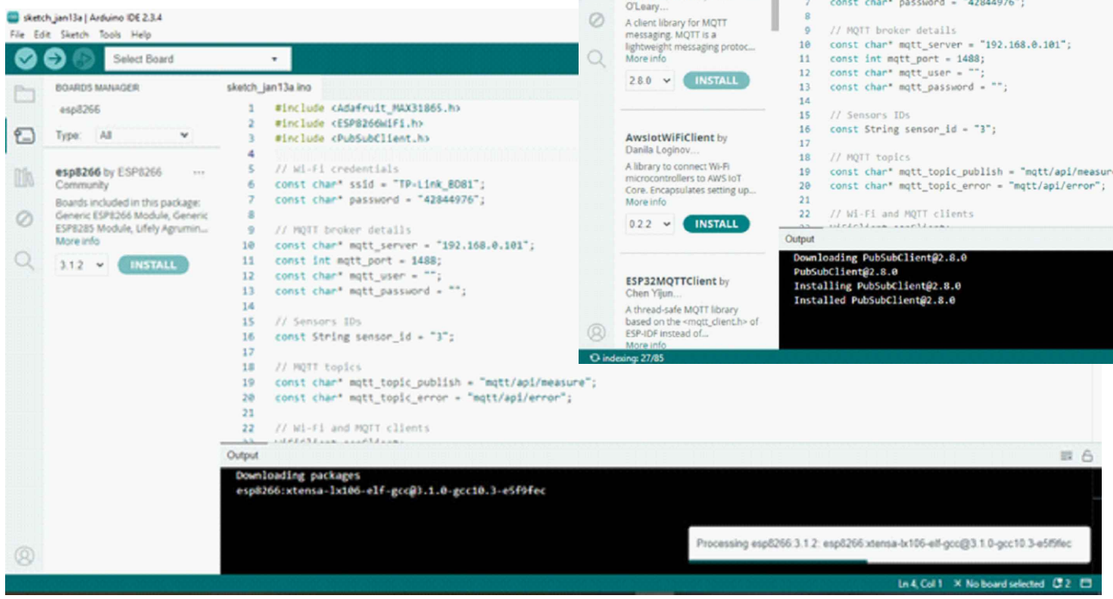
НАЛАШТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ









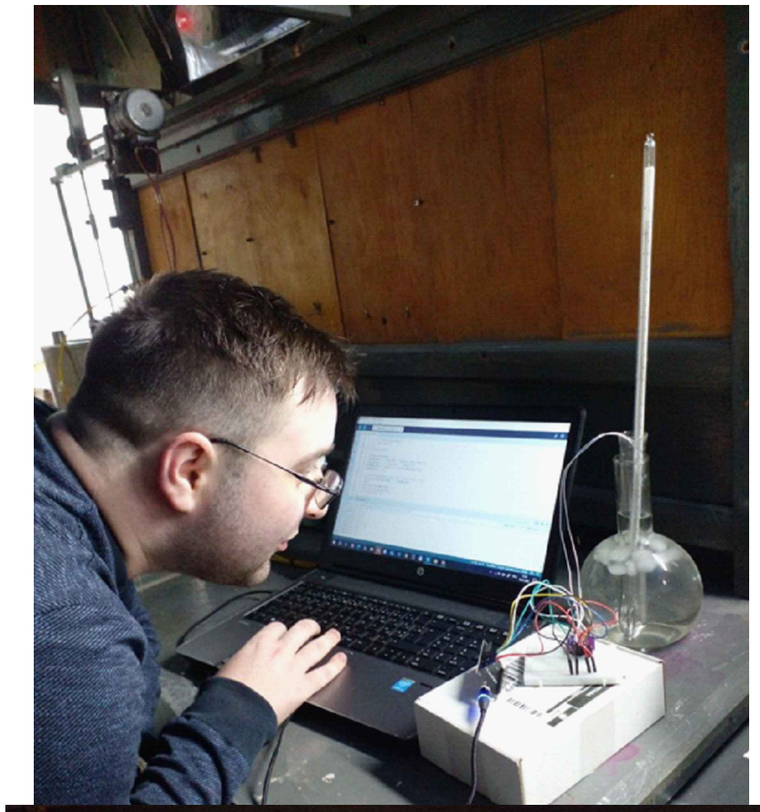


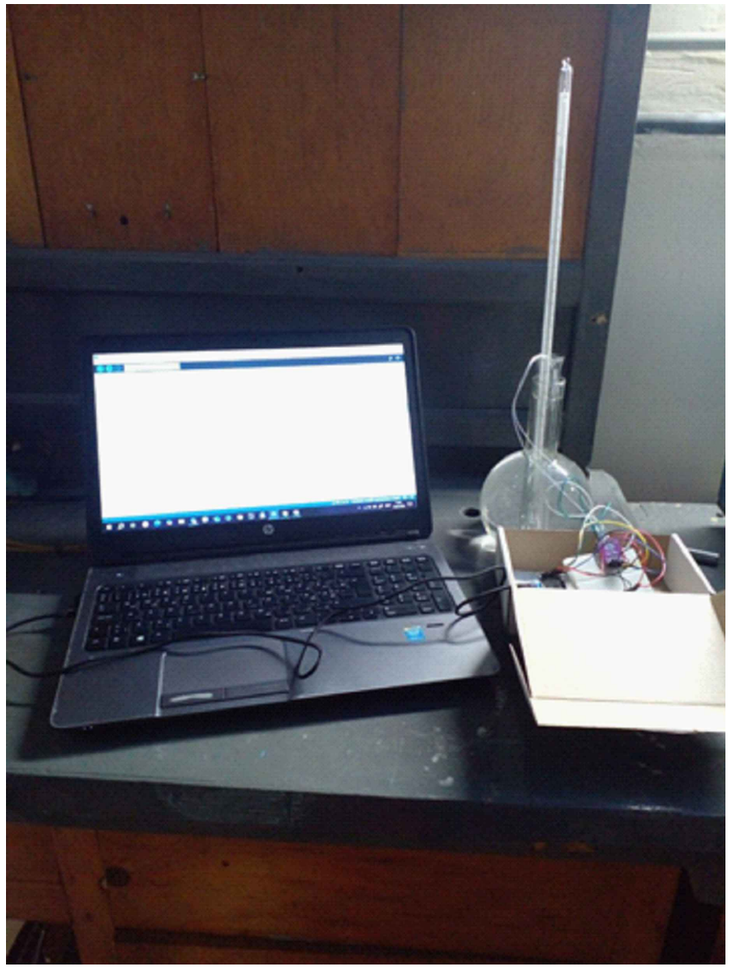
Погоджено:

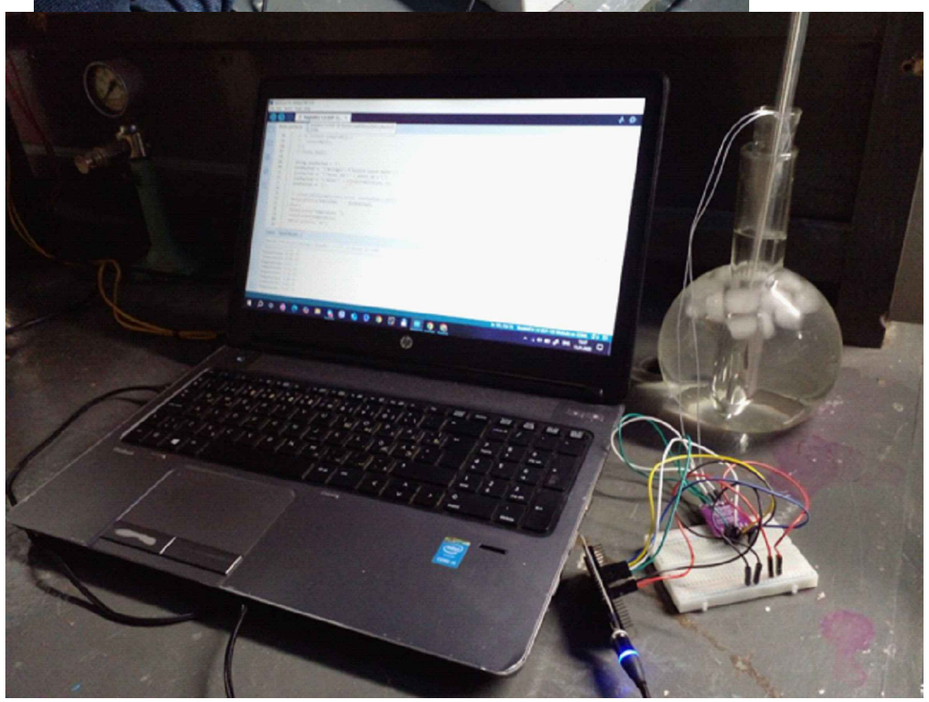
Зам.інв.№	Підпис і дата	Інв.№ дуб.

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата	2025	MP601-НТ.11393311.МР		
							Дослідження ефективності геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської Політехніки»		
Розробив		Кириченко В.В.						Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Чернецька І.В.						Р	6	9
Н. контроль		Голік Ю.С.					Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"			
Зав. кафедри		Голік Ю.С.								

ТАРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ДАТЧИКА PT100







Погоджено:

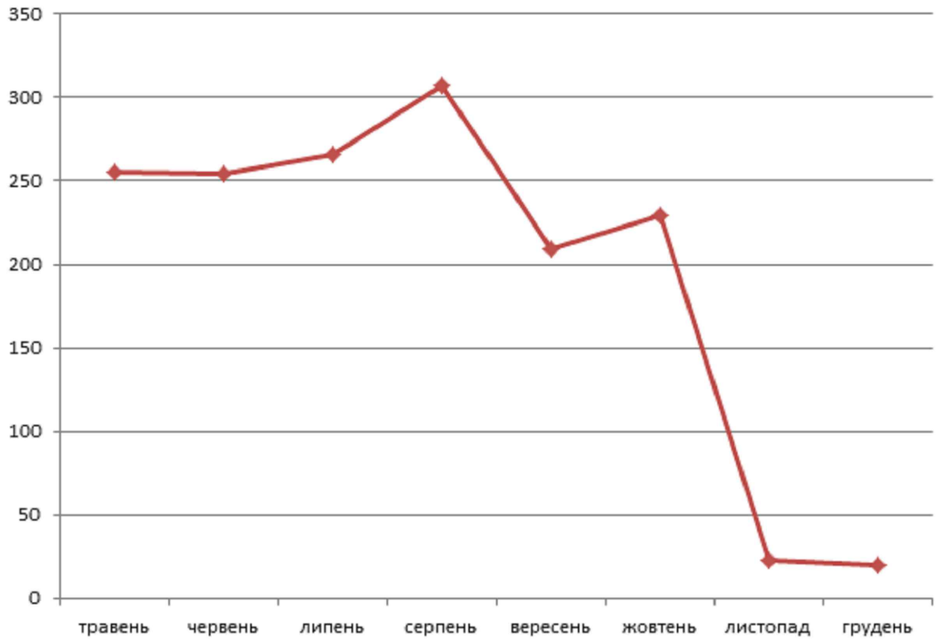
Інв.№ др. | Підпис і дата | Зам.інв.№

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата	2025	MP601-НТ.11393311.МР		
							Дослідження ефективності геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської Політехніки»		
Розробив		Кириченко В.В.						Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Чернецька І.В.						Р	7	9
Н. контроль		Голік Ю.С.						Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		
Зав. кафедри		Голік Ю.С.								

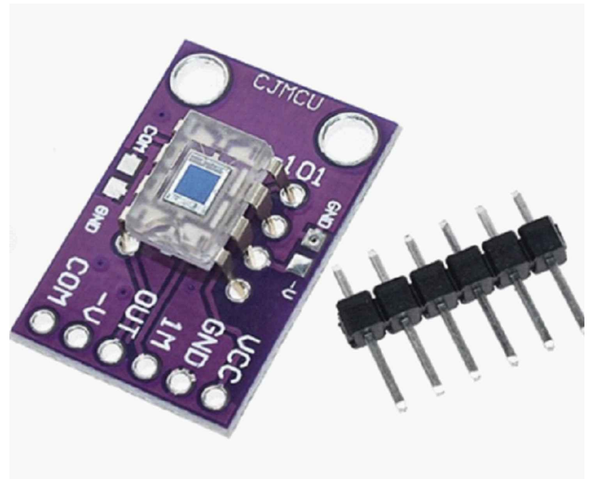
РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Динаміка зміни генерованої потужності

№	Місяць	Потужність	Примітка
1	травень 2024	255 Вт	
2	червень 2024	254 Вт	
3	липень 2024	266 Вт	
4	**серпень 2024**	**307 Вт**	
5	вересень 2024	209 Вт	
6	жовтень 2024	229 Вт	
7	листопад 2024	23 Вт	через хмари
8	грудень 2024	20 Вт	



Нові датчики



Погоджено:

Зам.інв.№	Підпис і дата	Інв.№ дуб.

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата
Розробив		Кириченко В.В.			
Перевірив		Чернецька І.В.			
Н. контроль		Голік Ю.С.			
Зав. кафедри		Голік Ю.С.			

2025

МР601-НТ.11393311.МР

Дослідження ефективності геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської Політехніки»

Стадія	Аркуш	Аркушів
Р	8	9

Мета і задачі дослідження

Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"

ВИСНОВКИ

Сонячна енергетика є одним із найбільш перспективних і швидко зростаючих секторів у галузі відновлюваних джерел енергії, що в перспективі може стати одним із головних джерел енергії в майбутньому. Її використання дозволяє вирішувати одночасно декілька глобальних завдань: забезпечення стабільного енергопостачання, зменшення залежності від викопного палива та зниження негативного впливу на навколишнє середовище.

Україна має всі шанси стати одним із ключових гравців у сонячній енергетиці Східної Європи. Для цього необхідно забезпечити модернізацію енергетичної інфраструктури, інвестувати у новітні технології та підтримувати приватні ініціативи щодо впровадження сонячних установок.

Подальші дослідження та інновації у сфері сонячної енергетики, зокрема розробка нових матеріалів, розвиток систем зберігання енергії та інтеграція фотовольтаїки з IoT-пристроями, мають величезний потенціал для забезпечення сталого енергетичного майбутнього.

Розроблений IoT-пристрій дозволяє вимірювати температуру в режимі реального часу й передавати дані для зберігання на сервер для подальшого виведення користувачу по запиту з будь-якої точки світу за наявності інтернету. Пристрій має великі перспективи подальшого застосування в лабораторних дослідженнях, а на основі розробленого прототипу можуть бути створені комплексні сучасні вимірювальні пристрої, які забезпечуватимуть високу точність та зручність вимірювань, що розширить можливості дослідників.

Погоджено:

Інв.№ др. | Підпис і дата | Зам.інв.№

Зм.	Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата	2025	МР601-НТ.11393311.МР		
							Дослідження ефективності геліоустановки в лабораторії зеленої енергетики «Полтавської Політехніки»		
Розробив		Кириченко В.В.						Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Чернецька І.В.						Р	9	9
Н. контроль		Голік Ю.С.					ВИСНОВКИ	Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка"		
Зав. кафедри		Голік Ю.С.								