

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизована системи очистки поверхні

Назва теми

КвРАКІТ. 2022|29.01.14.ПЗ

Рівень вищої освіти перший

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

студент III курсу, група АКІТс-22-1


Підпис

Андрій ПРОЦІЩИН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник


Підпис

Ірина Форкун

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер


Підпис

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри АКІТтаР


Підпис

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 17 » червня 2025 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКІТгаР

Валерій МАРТИНЮК

07 лютого 2025

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Процишина Андрія Ігоровича

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Автоматизована система очистки поверхні.

Керівник роботи Форкун Ірина Валеріївна, к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 07.02.2025р. № 23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2025р.





3 Вихідні дані до роботи Метою роботи є розробка автоматизованої системи очищення поверхні сонячної панелі (або вікон), що поєднує функціональність механічної дії з інтелектуальною оцінкою стану поверхні

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Огляд відомих засобів та рішень. Розробка автоматизованої системи очистки поверхні. Програмно-апаратна реалізація автоматизованої системи очистки поверхні

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКІТгаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКІТгаР		

7 Дата видачі завдання 07 лютого 2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
Вступ	15.03.2025	виконано
Огляд відомих засобів та рішень	24.03.2025	виконано
Розробка автоматизованої системи очистки поверхні	15.04.2025	виконано
Програмно-апаратна реалізація автоматизованої системи очистки поверхні	18.05.2025	виконано
Висновки	22.05.2025	виконано
Оформлення пояснювальної записки КРБ	01.06.2025	виконано
Оформлення презентаційних слайдів	10.06.2025	виконано

Студент


ПідписПроцишин А.І.
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи


ПідписФоркун І. В.
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизована системи зарядки дронів».

Автор роботи: Процишин А.І.


Керівник роботи: Форкун І. В.

Пояснювальна записка: 59 с., 31 рис., 3 табл., 0 дод., 42 джерел.

Графічна частина: 10 презентаційних слайдів.

**ФУНКЦІОНАЛЬНА БЕЗПЕКА, НАДІЙНІСТЬ, АВТОМАТИЧНА
ОЧИСТКА, КОНТРОЛЬ НАСОСІВ, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА.**

Метою роботи є розробка автоматизованої системи очищення поверхні сонячної панелі, що поєднує функціональність механічної дії з інтелектуальною оцінкою стану поверхні. Для досягнення поставленої мети було вирішено наступні завдання. Обрано ефективну апаратну платформу для автономної роботи системи; Розроблено алгоритм визначення рівня забруднення з використанням комп'ютерного зору або сенсорних технологій. Реалізовано механізм приводу з можливістю контролю дії за допомогою мікроконтролера. Перевірено систему в умовах модельованого середовища.


Підпис студента

17.06.25
Дата

ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ОГЛЯД ВІДОМИХ ЗАСОБІВ ТА РІШЕНЬ.....	5
1.1 Концепція системи автоматичної очистки поверхонь.....	5
1.2 Аналіз наявного програмно-технічного забезпечення для виконання поставленої задачі.....	9
1.3 Визначення вимог до системи автоматизації та розробка технічного завдання.....	13
1.4 Висновки до першого розділу.....	15
2 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНІ.....	17
2.1 Розробка структурної схеми системи очистки поверхні.....	17
2.2 Вибір апаратних засобів системи автоматичної очистки поверхні.....	20
2.3 Вибір програмного забезпечення для розробки системи.....	34
2.3.1 Вибір мови програмування.....	34
2.3.2 Вибір способу дистанційного керування.....	36
2.4 Висновки до другого розділу.....	38
3. ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНІ.....	40
3.1 Підключення елементів системи очистки поверхні.....	40
3.2 Розробка алгоритму керування системою очистки.....	48
3.3 Розробка програми керування автоматизованою системою очистки.....	54
3.4 Висновки до третього розділу.....	58
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	62

КвРАКІТ. 2022129.01.14 ПЗ								
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизована система очистки поверхні. Пояснювальна записка	Літ.	Лист	Листів
Розроб.		Процишин А. І.		12.06.25				
Перев.		Форкун І.В.		12.06.25			2	
Н. Контр.		Корецька Л.О.		12.06.25				
Затв.		Мартинюк В.В.		12.06.25				
						ХНУ, гр. АКІТс-22-1		

ВСТУП

Системи автоматичного обслуговування та очищення поверхонь відіграють ключову роль у забезпеченні стабільності роботи технічних об'єктів, таких як сонячні панелі, скляні фасади або номерні знаки транспортних засобів.

У зв'язку зі зростанням потреби в безперервному функціонуванні енергетичних систем та інтелектуальної інфраструктури міст, автоматизація процесів очищення стала важливим напрямом сучасної інженерії. Також ріст популярності панорамних вікон у багатоповерхових будинках створює попит на отримання послуг з очистки вікон, який надається компаніями що використовують люльки та людей з дозволами альпіністів, що створює ризик для людських життів та потребує багато часу для виконання. На відміну від традиційних підходів, що потребують ручного втручання, сучасні автоматизовані системи здатні виконувати повторювані дії, мінімізуючи людський фактор та витрати на обслуговування.

У контексті експлуатації фотоелектричних установок, наявність пилу, бруду чи інших забруднень на поверхні панелей може зменшити ефективність виробництва електроенергії на 10–25%, що безпосередньо впливає на прибутковість енергетичних об'єктів. Аналогічні проблеми виникають і в системах відеонагляду або автоматичного розпізнавання номерних знаків, де забруднена поверхня камери або мітки призводить до втрати точності та надійності розпізнавання [1,2,3].

Світові технологічні тренди демонструють підвищену зацікавленість у поєднанні автономних роботизованих систем з існуючими системами для забезпечення адаптивності, можливості керування та реагування на виявлені умови. Такий підхід дозволяє не лише автоматизувати механічні дії, а й створити повноцінну систему прийняття рішень у режимі реального часу, що

					КвРАКІТ. 2022129.01.14 ПЗ	3
		№ докум.	Підпис			

особливо важливо для застосування в агресивних або важкодоступних середовищах [4,5,6].

Метою роботи є розробка автоматизованої системи очищення поверхні сонячної панелі (або вікон, номерних знаків), що поєднує функціональність механічної дії з інтелектуальною оцінкою стану поверхні. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- вибрати ефективну апаратну платформу для автономної роботи системи;
- розробити алгоритм визначення рівня забруднення з використанням комп'ютерного зору або сенсорних технологій;
- реалізувати механізм приводу з можливістю контролю дії за допомогою мікроконтролера;
- протестувати систему в умовах модельованого середовища.

Практична значимість отриманих результатів полягає у створенні універсальної адаптивної системи, яка здатна підтримувати чистоту робочих поверхонь без необхідності ручного втручання. Це дозволить підвищити ефективність роботи сонячних електростанцій, автоматизованих систем розпізнавання та відеоспостереження, а також знизити експлуатаційні витрати в побутовому й промисловому секторах.

					КвРАКІТ. 2022129.01.14 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			4

приладів її контроль можна реалізувати через ESP або Raspberry чи навіть Arduino в залежності від доступного обладнання. Додатковою перевагою подібної системи є її модульність та простота використання яку легко можна реалізувати з додатковою інтеграцією ручного контролю для автоматизації процесу очистки.

Недоліком подібних систем є відсутність щіток для очистки складних забруднень, які найгірше себе проявляють у випадках розташування панелей у берегових зонах або на територіях з великою популяцією птахів. Звісно у пустельних та степових районах подібні системи будуть достатніми для стабільної очистки протягом певного часу і умовно лише раз у кінці місяцю систему потрібно буде повністю очищати з використанням хімікатів які бажано використовувати людиною, аби не розташовувати цистерни з хімічними очищувачами в полях, де в більшості випадків розташовують сонячні панелі.

Другий підхід - використання модульних систем для створення очисної платформи яка виконує рух кріплячись до рам сонячних панелей або по окремо встановлених рейкам - опорам (рисунок.1.2). Подібні системи є кращими та складнішими за звичайне водяне охолодження, для їх реалізації під монтується додаткові направляючі, або панелі монтується близько одна до однієї для простоти переходу системи між ними, але в такому випадку слід враховувати вагу модульної системи очистки аби не пошкодити сонячні панелі. Такий підхід дозволяє очищати сонячні панелі від затверділого бруду, але використання жорстких щіток з часом може пошкодити захисний шар що зменшить потужність сонячної панелі та може призвести до потрапляння вологи в модулі. Також як приклад компанія fabtru створила модульну систему яка використовує коліщатка для кріплення системи до рами панелі та закриту в захисний короб щітку яка виконує очищення без води, подібна система часто використовується в сухому кліматі для економії води та через відсутність складних забруднень (рисунок.1.3) [8,9].



Рисунок 1.2 - модульна система очищення сонячної панелі з використанням щітки та води

Останнім методом очистки є використання очисних роботів пилососів. Найкращим представником даної категорії є SolarCleano F1A це робот нового покоління, покликаний стати справжньою зміною усіх існуючих методів очистки сонячних панелей завдяки використанню штучного інтелекту для визначення свого шляху та місць які вимагають негайної очистки зображено на рисунку.1.4.

SolarCleano F1A зображений на рисунку 1.5, як і більшість йому подібних роботів, використовують гусеничну систему з резиновими гусеницями для утримання на сонячній панелі, довжина робота дозволяє йому переходити з однієї панелі на інші без вимоги до близького встановлення, що підійде при інсталяції на полях де потрібно залишити доступ сонячному світлу до землі [10,11].

1.2 Аналіз наявного програмно-технічного забезпечення для виконання поставленої задачі

При виконанні системи яка виконує водяне очищення сонячної панелі при розробці передбачається її використання назовні та без використання професійних програмовано логічних контролерів. Теоретично для виконання поставлених задач вистачить одного разбері пі або esp до якого буде під'єднано керування насосом та або клапаном, з можливістю під'єднання то інвертору для визначення вихідних параметрів сонячних панелей для розуміння ступеню їх забруднення або можна використовувати додаткові датчики для визначення ступеню забруднення сонячних панелей або камери з штучним інтелектом на разбері для використання машинного зору для визначення ступеню забруднення, хоча подібна методика може створити додаткові навантаження та вимоги лише через кількість матеріалу для навчання.

Обираючи контролер автоматизації головний вибір між трьома основними варіантами: програмований логічний контролер(Siemens, ABB), Raspberry Pi, ESP.

Siemens (рисунок.1.6), ABB та інші промислові програмовані логічні контролери мають безліч переваг, таких як:

- надійність і стабільність у промислових умовах (вібрації, пил, перепади температури);
- тривалий життєвий цикл та гарантія підтримки від виробника;
- сертифікації безпеки (SIL, АTEX тощо) для критичних систем;
- модульність і масштабованість;
- легко додати нові входи/виходи;
- розвинуте програмне забезпечення (TIA Portal, ABB Automation Builder);
- широка сумісність зі стандартами (Modbus, Profibus, Profinet, OPC UA);
- можливість керування процесами у реальному часі.



Рисунок 1.6 - контроллер Siemens

Хоча промислові програмовані логічні контролери, такі як Siemens чи АВВ, мають багато переваг, вони не є доцільним вибором для реалізації системи автоматизованої очистки сонячних панелей шляхом поливу. Основною причиною є висока вартість таких рішень, що не виправдана для малих промислових задач чи домашніх проектів, де достатньо простого керування на рівні декількох датчиків та виконавчих пристроїв.

Крім того, налаштування програмованого логічного контролера вимагає спеціалізованого програмного забезпечення яка вимагає ліцензії за яку теж потрібно витратити кошти. У порівнянні з цим, використання мікроконтролерів на кшталт ESP32 є набагато простішим, дешевшим та гнучкішим рішенням, достатнім для задачі керування системою з базовою логікою та можливістю віддаленого доступу [12,13,14].

Raspberry Pi - це одноплатний комп'ютер, який має низку переваг для проектів автоматизації:

- дозволяє запускати повноцінну операційну систему Linux;

ESP32 також дозволяє організувати простий веб-інтерфейс для віддаленого керування системою або передавати дані на сервер чи хмару.

Завдяки малим розмірам та низькій ціні контролер ESP ідеально підходять для вбудованих задач з автономним живленням, наприклад живлення від акумулятора або сонячної панелі. Для автоматизованої задачі яка передбачає контроль кількома реле та датчиками це рішення є найбільш доцільним:

- ESP32 достатньо потужний для обробки простих сценаріїв керування;
- не потребує складного обслуговування;
- легко масштабується та може працювати в польових умовах з мінімальними ресурсами.

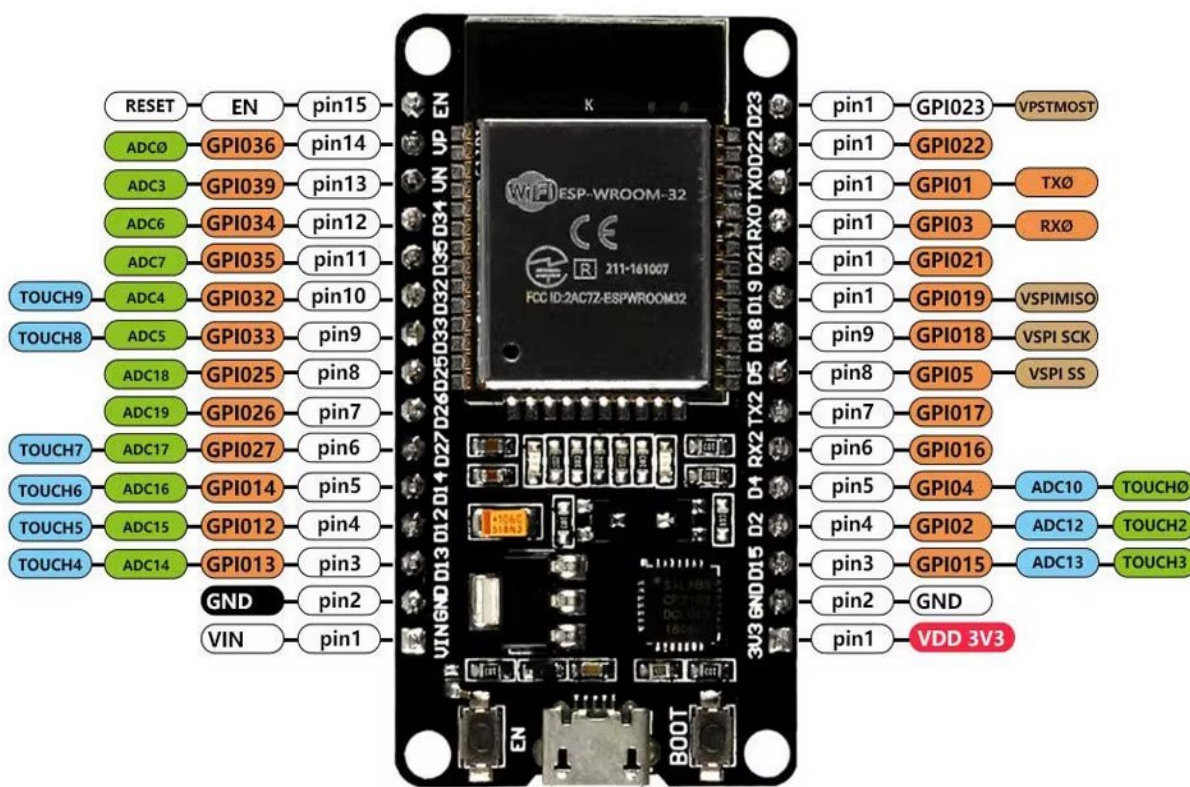


Рисунок 1.7 - входи/виходи ESP 32

Найкращим вибором буде ESP32 у класичному форм-факторі або ESPWROOM32, оскільки вони мають більше ніж один аналоговий вхід, більше GPIO ніж інші версії, стабільніший Wi-Fi-модуль і підтримку глибокого сну для енергоефективної роботи.

Найкращою мовою програмування для реалізації задач автоматизації на ESP32 є Arduino C++ (Arduino Core for ESP32).

Arduino C++ - це спрощене середовище програмування на основі мови C++, адаптоване для мікроконтролерів. Воно дозволяє створювати програми за принципом налаштувати - виконати з двома основними функціями: setup() і loop(). Такий підхід дуже зручний для реалізації циклічних задач, як-от постійна перевірка чистоти панелі та вмикання реле.

Arduino має велику кількість різноманітних бібліотек, серед яких:

- WiFi.h, бібліотека для підключення до інтернету;
- DHT.h, бібліотека для датчиків;
- HTTPClient.h, бібліотека для відправки запитів;
- EEPROM.h, бібліотека для зберігання налаштувань.

Середовище розробки Arduino IDE просте у використанні та не вимагає складного налаштування.

1.3 Визначення вимог до системи автоматизації та розробка технічного завдання

Система автоматичного очищення сонячної панелі повинна забезпечувати стабільне функціонування у зовнішньому середовищі, не вимагати постійного обслуговування людиною та бути здатною працювати самостійно з можливістю контролю дистанційно.

Основною функцією системи є виявлення ступеня забруднення поверхні та, за потреби, ініціювання процесу очищення. Для досягнення поставленої

одноплатний комп'ютер для виконання обробки зображень нейронною мережею у нас не буде причин не користуватися цим контролером-комп'ютером для виконання керування та коду алгоритму керування

Система проектується для роботи в умовах з помірним рівнем забруднення в степових регіонах без великих популяцій пташок. Передбачається стандартне накопичення пилу та бруду, а не надзвичайні випадки (наприклад, піщані бурі чи сильні опади).

Передбачається встановлення на стаціонарні або похилі сонячні панелі з жорстким кріпленням.

1.4 Висновки до першого розділу

Було виконано постановку задачі, в якій окреслено проблематику зниження продуктивності сонячних панелей через забруднення їхньої поверхні. В умовах збільшення кількості автономних сонячних електростанцій, особливо у важкодоступних або безлюдних місцевостях, питання автоматизації обслуговування набуває особливої актуальності.

З урахуванням цих викликів було сформульовано ціль створення системи, яка дозволяє своєчасно виявляти забруднення та здійснювати ефективне очищення без залучення людини.

Було встановлено, що система має працювати в автономному режимі з можливістю втручання оператора через мобільний застосунок або веб-інтерфейс.

Виконано обґрунтування доцільності використання ESP32 як основної обчислювальної платформи через її низьке енергоспоживання, наявність вбудованої підтримки Wi-Fi та достатню продуктивність для виконання базових алгоритмів без потреби у зовнішньому сервері.

					КвРАКІТ. 2022129.01.14 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			15

Окремо було опрацьовано вимоги до взаємодії системи з користувачем - зокрема, передача повідомлень про статус очисного процесу, ведення історії роботи системи, можливість віддалено запускати очищення тощо.

Таким чином, на основі проведеної формалізації були створені передумови для практичної реалізації прототипу системи. Чітке структурування вимог дозволяє уникнути неточностей на наступних етапах проектування і сприяє побудові оптимальної за вартістю та складністю архітектури.

					КвРАКІТ. 2022129.01.14 ПЗ	
		№ докум.	Підпис			16

2 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНІ

2.1 Розробка структурної схеми системи очистки поверхні

Для розуміння та розробки структурної схеми в першу чергу слід відобразити концепцію розробленої системи на рисунку 2.1. Обрано використовувати воду з резервуару або мережі будинку для очищення поверхонь сонячних панелей. Визначення забруднення сонячної панелі для запуску алгоритму очистки виконується за допомогою оптичного датчика, рефлектومتрія (оптичний метод), або за допомогою вбудованих таймерів чи показників роботи самої сонячної панелі. Для перекачки води буде використано насос для води, та реле для його живлення, які будуть контролюватися з контролера та на якому буде виконуватися алгоритм. Концепція може бути покращена з використанням дощової води або іншої не питної води яку можливо накопичувати протягом часу не активності системи для економії ресурсів та грошей, в результаті чого доведеться додати ємність з водою та додаткові датчики для визначення рівня води та тиску, хоча самий простий дизайн не вимагає подібних елементів.

Також було б непогано інтегрувати можливість дистанційного керування для збору даних та керування користувачем дистанційно, а також для майбутніх поліпшень системи.

Можлива інтеграція клапану для контролю тиску та рівня води у системі труб та загальній інфраструктурі розроблюваного виробу.

					КвРАКІТ. 2022129.01.14 ПЗ	17
		№ докум.	Підпис			

Контролер відіграє ключову роль у системі керування, оскільки на ньому виконуються головний скрипт який взаємодіє з датчиками та виконує керування іншими елементами. Датчики тиску дозволяє дізнатися чи йде вода трубами чи який тиск в контейнері для зберігання води якщо такий буде необхідно використовувати, та переконатися в стабільній роботі насосу і клапану.

Датчик струму виконує контроль роботи усіх пристроїв шляхом вимірювання споживаного струму, оскільки при ввімкненні насосу оператор побачить зростання споживання енергії то як результат це може підтвердити роботу насосу яку оператор може перевірити за існуючими даними з таблиць для конкретних показників датчику тиску. Головною причиною використання датчику струму є перевірка факту увімкнення/вимкнення клапану чи насосу, споживання інших датчиків буде складно підтвердити через їх малі вимоги до живлення та виявлення несправностей.

Насос система буде використовувати для виконання головної функції розробленої системи, а саме перекачки води для виконання омивання панелей.

Хмарний сервіс буде реалізовано для ведення документації роботи програми та записів і підрахунків економічної доцільності застосування очистки системи, а також для виконання контролю системою який передбачено реалізовувати через доступну систему бездротового зв'язку, бажано Wi-Fi.

2.2 Вибір апаратних засобів системи автоматичної очистки поверхні

У якості контролеру було обрано ESP32 (рисунок.3.3), через простоту його використання та через його низьку ціну та наявність реалізованих проектів схожого типу, а також через наявність Wi-Fi модулю. Враховуючи розглянути в попередньому розділі особливості системи можна передбачити кількість

- підтримка нейронних моделей.

Подібне рішення також має безліч недоліків:

- вимагає машинного навчання (нейронної мережі) для аналізу зображень;
- збільшення навантаження на процесор;
- збільшення витрат енергії;
- підготовка архіву зображень з параметрами для навчання;
- складність внесення змін;
- ESP32 підтримує лише слабкі моделі.

Іншим варіантом визначення ступеню забруднення є оптичний метод. Принцип роботи оптичного методу наступний - сенсор, інфрачервоний або лазерний направляє світло на поверхню та фіксує відбитий сигнал, забруднення погіршує відбиття і як результат система може визначити в який момент потрібно використовувати очищення в залежності від ступеню погіршенн відбиття. Найкращим варіантом є інфрачервоний рефлексивний сенсор TCRT5000.

Переваги використання TCRT5000:

- простота під'єднання та використання;
- швидкість роботи;
- не потребує глибокої обробки зображення;
- низька ціна.

Недоліки оптичного методу:

- потрібна калібровка для кожного типу поверхні;
- чутливість до освітлення;
- чутливість до кута;
- чутливість до кольору панелі.

Як результат використовуючи оптичний метод система може отримати хибне спрацювання при поганій погоді, але решту недоліків також буде отримано при використанні камери, хоча при використанні датчику можна

уникнути необхідності збору великої кількості параметрів для навчання, використовуючи теоретичні параметри та маючи можливість легко змінювати умови в коді, не виконуючи перенавчаючи моделі з нуля яке буде необхідно виконувати при використанні ESP32-CAM.

У результаті аналізу було прийнято рішення використовувати датчик TCRT5000 (рисунок 2.6). Датчик TCRT5000 - це інфрачервоний рефлектометричний оптичний сенсор, який працює стандартним для подібних елементів принципом виявлення відбитого інфрачервоного світла. Його буде застосовано для оцінки ступеня забруднення поверхні, оскільки запилення, бруд та інші речі які впливають на якість роботи сонячної панелі також знижують коефіцієнт відбиття датчику [22-26].



Рисунок 2.5 - Датчик TCRT5000

Принцип роботи датчику TCRT5000 наступний:

- світлодіод світить на поверхню;
- якщо поверхня чиста - багато світла відбивається назад;
- фототранзистор реєструє цей відбитий сигнал та видає високу напругу (LOW сигнал на виході);

- якщо поверхня запилена або забруднена - менше світла відбивається до фототранзистора, фототранзистор спрацьовує слабше, напруга зростає (HIGH сигнал);

- Зміна рівня сигналу дозволяє зробити висновок про ступінь забруднення поверхні.

Для встановлення датчик потрібно встановити на фіксованій висоті та куті над сонячною панеллю. При першому запуску системи слід відкалібрувати усе для чистої поверхні, аби показник чистої поверхні зберігся для порівняння, після цього періодично зчитуємо відбитий рівень для перевірки. Якщо сигнал значно менший, ніж тестовий - поверхня забруднена, у іншому випадку - поверхня чиста. Запускаємо функцію очищення, а по її завершенню перевіряємо чи повернувся рівень відбиття.

Керування подачею води оператор буде здійснювати за допомогою електромагнітного клапан на 12V або 5V які є стандартними для подібних систем на ESP, що буде від нас вимагати зовнішнього живлення, MOSFET транзистор або реле для керування клапаном, та як результат джерело живлення 12V або 5V для клапана чи насосу.

Можливо розділити варіацію розроблюваної системи на три типи рис.2.6, використання лише насосу, лише клапану, та насосу з клапаном одночасно. В першу чергу слід визначити та розглянути в яких випадках алгоритм буде використовувати які системи.

Насос використовують у системах, якщо:

- немає природного тиску води, наприклад як було описано в попередніх розділах при використанні ємності з водою, яка знаходиться нижче за рівень поверхні;

- потрібно створити тиск для розпилення або подачі води на висоту;

- для очищення системи необхідно прокачування сторонньої рідини (наприклад, миючих засобів)

Електромагнітний клапан подібні системи використовують у випадках якщо:

- вода вже знаходиться під тиском (приєднана до побутового водопроводу або бак вище за розпилювачі);
- потрібно просто відкривати/закривати подачу;
- слід зупинити потік та не дати йому повернутися назад.



Рисунок 2.7 - УХ-800В насос для води

Таблиця 2.3 - Характеристики УХ-800В

Тип насоса	Безщітковий водяний насос постійного струму
Напруга	12В постійного струму, 24В постійного струму
Потужність	19 Вт

встановлення позиції, а використовуємо наявність живлення для сигналізації про відкриття.

За допомогою соленоїда, котушки, у випадку коли на неї подається напруга 12 В виникає магнітне поле яке призводить до заходу поршню назад в паз що відкриває шлях для води, щойно напруга зникає пружина повертає поршень у початкове положення закриття, що зупиняє потік води, отже для перебування в відкритому стані завжди потрібно мати живлення на клапані, що не є критичним через завдання розроблюваної системи, а саме швидке омивання яке відбувається лише при забрудненні панелі на певний показник.



Рисунок 2.8 - Клапан для води Veduan DC 12V

Для визначення режимів роботи буде використовуватися хмарний сервіс та кнопки, у якості кнопок обрано стандартні кнопки з ковпачком для Arduino чи ESP на рисунку.2.9, принцип їх роботи однаковий та не потребує багато пояснень. Кнопка має чотири виходи - піни, але для роботи необхідно лише два, які не є з'єднаними.

Контроль живленням буде виконуватися за допомогою стандартного реле на два елементи Bestep (рисунок.2.10) оскільки системою буде виконуватися

Горизонтальні поплавкові датчики (рисунок 2.12) - монтуються в корпус ємності, реагують на досягнення одного рівня. Вертикальні - кріпляться зверху, мають кілька поплавків або регулювання положення, можуть визначати кілька рівнів.



Рисунок 2.12 – Горизонтальні поплавковий датчик

2.3 Вибір програмного забезпечення для розробки системи.

2.3.1 Вибір мови програмування

ESP32 можна програмувати на багатьох мовах, але найпопулярнішими є:

- Arduino C/C++ (Arduino Core for ESP32);
- MicroPython;
- ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework);
- та інші (JavaScript, Rust, CircuitPython, Lua).

Arduino C/C++ - це найпопулярніший варіант який використовується ESP32 та як зрозуміло з назви Arduino. ESP32 програмується у безкоштовному

середовищі Arduino IDE, використовуючи стандартний для мов C стиль написання скетчів з `setup()`, `loop()`). Перевагами подібної мови є простота та зрозумілий синтаксис, що дозволить навіть новому користувачі вносити зміни в код маючи документацію та коментарі в коді, для Arduino C/C++ створена та знаходяться в відкритому доступі без ліцензійних обмежень безліч бібліотек, які спростять роботу з датчиками, особливо з модулем Wi-Fi та веб сервером [33,34,35,36].

MicroPython - це інтерпретована мова програмування, спрощена версія Python(останньої версії, оновлення виходять майже одразу після оновлень Python), яка працює безпосередньо на ESP32. Найбільшим викликом є необхідність перепрошити плату спеціальною прошивкою MicroPython firmware, цей процес не є складним та якісно описаний документацією проекту. Головною перевагою є здатність підключити консоль до контролеру після прошивки, Python-подібний синтаксис, можливість розробки в терміналі (REPL), найкращий варіант для швилкі розробки якщо є досвід з Python

ESP-IDF (IoT Development Framework) - офіційний SDK від виробника ESP32, написаний на C/C++ з використанням FreeRTOS.Надає користувачу повний контроль над апаратурою, найголовнішою перевагою є відкриття для проектів багатопоточність, чого немає в попередніх прикладах, керування пам'яттю. Головним недоліком є складне середовище розробки яке в майбутньому буде важко модифікувати.

Найкращим варіантом буде використання Arduino C/C++ або MicroPython в залежності від бажання перепрошити плату, хоча MicroPython надає доступ до переваг мови програмування Python, проект буде використовувати стандартні функції та доволі просту логіку керування, що не вимагає від нас використання, тому в якості мови програмування було обрано Arduino C/C++ а в якості середовища розробки Arduino IDE.

2.3.2 Вибір способу дистанційного керування

Теоретично розроблювана система буде знаходитися близько до будинку, тому можна використовувати Wi-Fi для зберігання даних та керування. Найпопулярнішими платформами - бібліотеками є:

- Blynk IoT;
- Firebase;
- Thingspeak;
- Google Sheets при налаштованому HTTP.

Blynk - це хмарна IoT-платформа з мобільним застосунком та веб-інтерфейсом для моніторингу, бібліотека Blynk здатна керування й збирання даних із мікроконтролерів, за допомогою Wi-Fi підключення до ESP32. Мобільний застосунок підтримує iOS та Android, у ньому просто реалізувати дисплеї для виводу значень з датчиків, кнопки для керування GPIO та графіки, а також вести журнал у якому можна зберігати параметри елементів та дані про стан роботи. Також можна прописати встановлення тригерів і як результат умикати насос за допомогою даних та коду з хмари а не локального. На платформі Blynk створюється шаблон з віджетами, у ESP32 прошивається код з бібліотекою Blynk.h і токеном аутентифікації. Прилад автоматично зв'язується з Blynk Cloud, і після з'єднання на пристрої керування система здатна керувати дистанційно. Головним недоліком є обмеження безкоштовної версії, яка має обмеження на кількість пристроїв та історія даних, а також ризику безпеки, оскільки дані та токени зберігаються на сервері компанії на рисунку 2.13 [37,38].

безкоштовній версії надається до 8 каналів, та обмеження в оновлення один раз в 15 секунд.

Google Sheets через HTTP, подібний підхід дозволяє ESP32 надсилати дані в Google Sheets використовуючи HTTP-запит до Google Apps Script, який підставляє ці дані у рядки. Функціонал стандартного Excel документу з отриманням історії редагувань та усіх параметрів у вигляді звичної таблиці. Просто реалізується на стороні ESP32. Для реалізації слід створити Google Таблицю та написати скрипт на Google Apps Script, після чого системою отримується публічне посилання Web AppESP32 яке виконує обмін інформацією через POST або GET, нажаль подібна програма буде мати обмеження на кількість запитів.

Провівши аналіз доступних методів реалізації дистанційного контролю було обрано Blynk IoT 2.0 через його простоту, відсутність критичних для нас обмежень, робота в реальному часі, готові шаблони мобільних додатків керування в які лише підставлено необхідні входи.

2.4 Висновки до другого розділу

У цьому розділі було розглянуто структурну схему системи, проаналізовано апаратні засоби для реалізації системи а також проведено аналіз та обрано програмне забезпечення для розробки система очистки поверхні сонячної панелі.

Було зроблено аналіз та вибір ключових елементів реалізації розроблюваної системи, проаналізовано характеристики ESP32, на основі його характеристик було обрано сумісні елементи та способи автоматизації.

Датчик TCRT5000 було обрано як єдиний спосіб визначення ступеню забруднення сонячної панелі і як результат першочерговий ініціатор запуску розроблюваної системи.

Для перекачки води обрано насос YX-800B та клапан Beduan, оба прилади живляться від 12 В, що дозволить виконувати контроль за допомогою одного двоблочного модуля реле.

Також було розглянуто мови програмування та бібліотеки - додатки для реалізації бездротового керування, в результаті аналізу було визначено, що вибір мови програмування Arduino C/C++ як мови програмування та Blynk IoT як платформи для моніторингу забезпечує найкращий баланс між простотою реалізації, функціональністю та зручністю керування. Це дозволить розробити ефективну, надійну та доступну систему очищення сонячних панелей з підтримкою Wi-Fi, журналюванням подій і дистанційним керуванням.

Для підключення датчику TCRT5000 до ESP32 слід зібрати наступну схему (рисунок 3.5). Аноду світлодіода (позначається А або як А+) підключають до 3.3 В через резистор 220 Ом, цей резистор (R1) обмежує струм, щоб світлодіод не перегорів, без R1 струм був би надто великим і світлодіод міг перегоріти. Катод світлодіода (К) підключається до GND ESP32. Колектор фототранзистора підключається до GPIO ESP32, на рисунку використано G0. Одночасно до цього ж місця підключається резистор 10 кОм та до 3.3 В (це pull-up резистор, R2). R2 потрібен для створення стабільного високого рівня напруги, коли фототранзистор не проводить струм. Емітер фототранзистора підключається до GND.

Для підключення кнопки слід один контакт кнопки з'єднується з GND. Другий контакт кнопки з'єднати з GPIO.

У коді ESP32 внутрішній підтягуючий резистор активується програмно, тому зовнішній резистор не обов'язковий, хоча можна використати зовнішній 10 кОм pull-up для страхування на випадок пошкодження внутрішнього підтягуючого резистору.4.

Принцип роботи наступний - у звичайному стані (кнопка не натиснута), на GPIO завдяки внутрішньому pull-up буде високий рівень (3.3 В), щойно користувач натискає кнопку, вивід з'єднується із землею (GND), і рівень на вході стає низьким (0 В). Цей перепад легко зчитується програмно і користувачі мають підтвердження натискання кнопки.

Також було запропоновано використання датчика рівня, при використанні простого датчика, для живлення якого достатньо ESP32, підключення можна реалізувати напряму, з'єднавши живлення поплавку до живлення плати 3.3В та з'єднавши мінуси плати та поплавкового датчика рівня рідини (рисунок 3.6).

константі часу та відповідно запускати другий режим роботи до використання оператором іншої кнопки або скидання часу.

При натискання на кнопку 3 система переходить в режим сну та очікує на команди.

При натисканні кнопки 4 системі передається змінна $P = 0$, що провокує очищення усіх параметрів, скидання до заводських параметрів та перехід до вимкнення для перезавантаження процесору та очистки усіх змінних та кешу.

У ситуації якщо жодна кнопка не нажата пристрій запам'ятовує що він підключений до мережі та виконує автоматичне очищення з використанням стартових параметрів та перевірку показників датчику як при використанні автоматичного режиму.

При розробці системи було запропоновано використання датчика рівня води у випадку використання цистерни чи контейнеру з водою, але розглянута вище система не передбачає його використання, але якщо користувачу буде необхідно використовувати обмежений об'єм води можлива імплементація датчику рівня наступним чином (рисунок 3.9).

За допомогою простої перевірки рівня $WL > Accepted$ можна реалізувати контроль системою з використанням датчика рівня, в залежності від розміщення датчику. Обраний датчик використовує геркон та поплавков, щойно рівень води упаде нижче поплавку – це призведе до зміни положення поплавку та стану геркону, при розташування на дні цистерни поплавком догори, падіння рівня води нижче рівня поплавку призведе до опускання поплавка і як результат розмикання геркону та передачі 0 на плату, якщо датчик рівня розташовано у перевернутому стані система повинна спрацювати навпаки при замиканні геркону, коли поплавков підійметься та замкне геркон, тим самим сигналізуючи про досягнення критичного рівня води.

3.3 Розробка програми керування автоматизованої система очистки

Програма на ESP32 реалізує систему очищення поверхні сонячних панелей, яка поєднує автоматичний режим роботи, можливість ручного керування через кнопку, а також дистанційне керування за допомогою Wi-Fi з вебінтерфейсом.

Після увімкнення ESP32 підвантажує необхідні бібліотеки.

```
#include <WiFi.h>
```

```
#include <WebServer.h>
```

```
#include <Preferences.h>
```

Бібліотека <WiFi.h> використовується для підключення ESP32 до мережі Wi-Fi. Вона надає функціонал для можливості користувача керувати системою дистанційно, завдяки цій бібліотеці можна реалізувати підключення платою до існуючої мережі або створення та роздачу власної. Через WiFi.h можна ініціалізувати з'єднання, отримувати IP-адресу, перевіряти статус підключення та керувати мережевими параметрами.

Бібліотека <WebServer.h> дозволяє створити простий HTTP-сервер прямо в ESP32. З її допомогою можна реалізувати обробку вхідні запитів, відправляти HTML-сторінки або текст у відповідь якщо контролю буде реалізовано через додаток або сайт, а також реалізувати взаємодію між користувачем і ESP32 через консольні команди. Бібліотека підтримує статичні та динамічні відповіді.

Бібліотека <Preferences.h> використовується для збереження даних у пам'яті ESP32. Вона забезпечує простий спосіб для запису та зчитування даних (к розглянутому випадку – стан роботи, таймери, допустимий рівень і подібні), які мають зберігатися після вимкнення пристрою. Замість стандартного вбудованого EEPROM, бібліотека Preferences працює з розділом пам'яті, який організовано у вигляді ключ-значення, що зручно для структурування.

Наступним кроком програма ініціалізує всі необхідні піни та змінні (рисунок 3.10).

```
5  #define RELAY_PUMP_PIN    26
6  #define RELAY_VALVE_PIN  27
7  #define BUTTON_PIN       12
8  #define SENSOR_TCRT_PIN  34
9  #define LEVEL_SENSOR_PIN 14
10
11 #define DIRT_THRESHOLD    3000
12
13 const char* ssid = "ESP32";      // Wi-Fi AP SSID
14 const char* password = "12345678"; // Wi-Fi password
15
16 bool autoMode = true;
17 unsigned long lastCheck = 0;
18 unsigned long autoTimer = 5 * 60 * 1000;
19
20 WebServer server(80);
21 Preferences prefs;
22
```

Рисунок 3.10 – Ініціалізація змінних

Пін 26 використовується для керування насосом, пін 27 - для електроклапана, який відповідає за відкриття або перекриття подачі води.

Кнопка ручного очищення підключена до піну 12 та працює у режимі INPUT_PULLUP, що дозволяє зчитувати натискання без додаткових резисторів. Також зчитуються показники з аналогового датчика TCRT5000, підключеного до піну 34, який використовується для визначення ступеня забруднення поверхні шляхом передачі числа від 1 до 0 з точність одна тисячна.

порогового заданого, система вважає поверхню брудною і запускає насос при відкритому клапані, забезпечуючи подачу води на панель.

Якщо ж показник датчика вищий за зазначений чистої панелі, то система нічого не робить та чекає доки панель буде брудною.

Якщо рівень води недостатній, програма припиняє роботу насосів, щоб уникнути роботи без води, що може призвести до пошкодження насосу та клапану.

Кожна дія супроводжується виводом у серійний порт через `Serial.println`, що дозволяє вести журнал подій або налаштовувати систему під час розробки додатку та алгоритму керування.

За бажанням користувача, веб-інтерфейс можна доопрацювати додавши адаптивну візуалізацію, таймер зворотного відліку, графіки очищень, лог подій або автентифікацію для захисту від доступу іншими людьми.

3.4 Висновки до третього розділу

У третьому розділі виконано апаратну інтеграцію складових автоматизованої системи очищення поверхні сонячної панелі. Розглянуто варіанти підключення реле до ESP32 та обґрунтовано вибір конфігурацій NO і NC для насоса й електроклапана з огляду на тривалість та характер навантаження.

Запропоновані схеми забезпечують безпечну комутацію зовнішнього живлення й мінімізують ризик перевантаження контролера.

Відтворено детальну схему під'єднання датчика TCRT5000 із резисторами обмеження струму та pull-up, для стабільного зчитування показників забруднення поверхні.

Окремо описано підключення кнопок із використанням внутрішніх підтягувальних резисторів, а також реалізацію підключення поплавкового датчика рівня води, який запобігає роботі насоса у разі низького рівня води.

У результаті розробки програмно-апаратної частини системи очищення поверхні сонячних панелей реалізовано дві незалежні підсистеми керування - ручну та автоматичну.

Ручне керування здійснюється за допомогою фізичних кнопок, які забезпечують базовий контроль над системою, включаючи запуск насоса, скидання налаштувань, перемикання режимів роботи та ініціацію повторного підключення до сервера.

Автоматичне керування засноване на алгоритмах, які використовують показники датчиків, зокрема оптичного TCRT5000 для оцінки ступеня забруднення, та можуть працювати автономно навіть при відсутності зв'язку з сервером.

Робота програми передбачає циклічне опитування сенсорів, контроль доступності води, та вивід системних подій у консоль, що значно полегшує процес налагодження. Додатково можлива інтеграція датчика рівня води, що підвищує надійність та захищає насос від роботи вхолосту.

ВИСНОВКИ

Проведення роботи демонструє послідовний розвиток ідеї автоматизованого очищення поверхні сонячних панелей на цілісну програмно-апаратну систему.

На етапі постановки задачі сформульовано проблему зниження потужності сонячних панелей через забруднення та обґрунтовано необхідність автономного обслуговування, особливо для віддалених або безлюдних електростанцій.

Обрано ESP32 як ядро контролера завдяки низькому енергоспоживанню, вбудованому Wi-Fi та достатній обчислювальній потужності, що дозволило відмовитися від зовнішнього сервера й забезпечити локальне виконання алгоритмів.

Апаратна конфігурація включає оптичний датчик TCRT5000 для визначення ступеня забруднення, насос YX-800B і електроклапан Beduan, керовані двома реле, а також поплавковий датчик рівня води для захисту від роботи без води.

Схеми під'єднання враховують безпечну комутацію 12-вольтного навантаження, використання підтягувальних резисторів і вибір конфігурацій NO та NC відповідно до характеру приладу використаного для живлення приладів насоса та клапану.

Програмна частина реалізує дві незалежні підсистеми керування, кожна з яких виконує окрему функціональну роль у загальній системі.

Ручне керування реалізоване через фізичні кнопки, безпосередньо під'єднані до мікроконтролера ESP32 з використанням внутрішніх резисторів. Ці кнопки дозволяють користувачу запускати насос, перемикати режими,

виконувати скидання налаштувань або ініціювати повторне з'єднання із сервером.

Такий підхід забезпечує базовий контроль навіть у випадках втрати зв'язку або збою, що критично важливо для систем, автоматизації та автоматизованого керування.

Автоматична підсистема функціонує на основі циклічного опитування сенсорів, насамперед оптичного датчика TCRT5000, що визначає рівень забруднення поверхні панелі.

Алгоритми обробки даних реалізовано у вигляді нескладного циклу із перевіркою умов запуску очищення, контролем рівня води через поплавковий сенсор, та активацією відповідних виконавчих механізмів (насоса і клапана) у разі досягнення заданих порогів.

Крім того, реалізовано повноцінне віддалене керування за допомогою платформи Blynk IoT, що дозволяє з мобільного пристрою контролювати стан системи, переглядати журнал подій, а також ініціювати запуск процесу очищення незалежно від фізичної присутності оператора.

Завдяки цьому досягається повна гнучкість у керуванні, а також адаптивність системи до змін у режимі роботи або умовах навколишнього середовища.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. *How Bad Is It If I Don't Clean Solar Panels - Solar N Plus. Solar N Plus.* URL: <https://www.solarnplus.com/how-bad-is-it-if-i-dont-clean-solar-panels> (дата звернення: 16.06.2025).
2. Adhikari R. S., Dubey S., Sarvaiya J. N. *A comprehensive review on performance of solar photovoltaic system under different cleaning methods and conditions. Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 2016. Вип. 63. С. 121–132. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.05.041>
3. Automated Solar Panel Cleaning System . М. Jboor та ін. *2023 2nd International Engineering Conference on Electrical, Energy, and Artificial Intelligence (EICEEAI)*, м. Zarqa, Jordan, 27–28 груд. 2023 р. 2023. URL: <https://doi.org/10.1109/eicceai60672.2023.10590137>
4. Abualigah L., Yousri D., Abd Elaziz M. та ін. *Applications of metaheuristics in solar energy: A review. Studies in Systems, Decision and Control.* 2020. Vol. 199. С. 187–211. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-58779-6_15
5. Sayed G. I., Hassanien A. E., Elhoseny M. *Machine Learning in Cyber-Physical Systems. Advances in Intelligent Systems and Computing.* 2021. Vol. 1327. С. 65–76. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-96729-1_5.
6. Ali M. *Solar Panel Cleaning Systems. Lecture Notes in Electrical Engineering.* 2009. Vol. 34. С. 69–74. URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-78831-7_8
7. *Solar panel cleaning system: WO2019118435A1* [Патент]. – 2019. – URL: <https://patents.google.com/patent/WO2019118435A1/en>
8. Aubert L., Didier T., Vanel J.-C. та ін. *Autonomous solar panel cleaning robot. HAL Open Science.* 2024. URL: <https://hal.science/hal-04365401/document>

9. *Solar Panel Cleaning Machine* URL: <https://todos-china.com/solar-panel-cleaning-machine/>. (дата звернення: 16.06.2025).
10. Chaudhari D. J., Kolekar A. V. *A comprehensive review on solar panel cleaning systems. AIP Conference Proceedings*. 2023. Vol. 2753. С. 020018. URL: <https://pubs.aip.org/aip/acp/article/2753/1/020018/2885234> (дата звернення: 16.06.2025).
11. Ranjan R., Dubey S., Yadav S. *Automated Solar Panel Cleaning System. IEEE Access*. 2024. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10674901> (дата звернення: 16.06.2025).
12. Adhikari P. та ін. *Automatic Solar Panel Cleaning System // Journal of Physics: Conference Series*. 2021. Vol. 1969. С. 12-19. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1969/1/012019>. (дата звернення: 16.06.2025).
13. Ćokorilo O., Antić A. *Optimization of Photovoltaic Panels Maintenance. Journal of Process Management*. 2021. Vol. 9, № 3. С. 81-92. URL: <https://www.cceol.com/search/article-detail?id=975613> (дата звернення: 16.06.2025).
14. *Documentation for SIMATIC Controller. Siemens Industry Support*. URL: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109744173/documentation-for-simatic-controller?lc=en-ua>(дата звернення: 16.06.2025).
15. Як ESP32 IoT змінює підключені пристрої. DusunIoT. *Dusun IoT: Embedded Hardware Vendor/Manufacturer. IoT Gateway Expert*. URL: <https://www.dusuniot.com/uk/blog/how-esp32-iot-is-changing-the-game-for-connected-devices/> (дата звернення: 16.06.2025).
16. Плата розробника ESP32-S3R2 Wi-Fi 16MB 240MHz від Waveshare купити в Києві та Україні. *Arduino в Україні*. URL: <https://arduino.ua/prod5846-plata-rozrobnika-esp32-s3r2-wi-fi-16mb-240mhz-vid-waveshare> (дата звернення: 16.06.2025).

40. Specialized Applied Software Fritzing And Its Use For Simulation Of Electronic Devices Based On Arduino Platform / O. Kryvonos та ін. *Information Technologies in Education*. 2020. № 43. С. 39–51.
URL: <https://doi.org/10.14308/ite000718>.

41. Lima A., Trevisan D. G. Challenges and Opportunities in Using Electronic Prototyping as a Maker Tool. *IHC 2024: XXIII Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems*, м. Brasília - DF RJ Brazil. New York, NY, USA, 2024. С. 1–15.

42. Гречмак Д. В., Афанасьєва А. М. Застосування платформи arduino uno у fritzing схемі : thesis. 2020.
URL: <http://openarchive.nure.ua/handle/document/12227> (дата звернення: 16.06.2025).

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Процишин Андрі Ігорович

Тема: Автоматизована система очистки поверхні

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 59

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробка автоматизованої системи очищення поверхні сонячної панелі, що поєднує функціональність механічної дії з інтелектуальною оцінкою стану поверхні.....

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі проведено аналіз відомих засобів та рішень. У другому розділі виконано розробку автоматизованої системи очистки поверхні. У третьому розділі виконано програмно-апаратна реалізація автоматизованої системи очистки поверхні

4. Позитивні сторони роботи: Використання дистанційного керування. Передбачено різні режими роботи. Проста реалізація процесу автоматизації.

5. Негативні сторони роботи: у роботі недостатньо уваги приділяється розробці запобіжних методів

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.


8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи:

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

завідувач кафедри базових інженерних наук, д.т.н.,
проф. Барманік Олександр Володимирович

"17" червня 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Процишин Андрій Ігорович

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курс, групи АКІТс-22-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.06.25

дата



підпис

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Андрій ПРОЦІШИН

Співавтор:

Назва: Процишин_на_Плагіат

Експерт:

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1:0.5%

Коефіцієнт подібності 2:0%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 1

Інтервали: 0

Білі знаки: 1

Дата створення звіту: 2025-06-17 17:23:06.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-17



Доцент Микола Федула

Дата

експерт

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 1.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 10%

ID: 246480 Title: БКР Автоматизована системи очистки поверхні Added in a DB: 2025-06-17 Authors: Андрій ПРОЦИШИН Heads: Ірина ФОРКУН Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	58982	900	1214 (2%)	16 (2%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Автоматизована системи очистки поверхні

Автор: Процишин Андрі Ігорович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Форкун Ірина Валеріївна, доктор технічних наук, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 0.5% і адресується до 8 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Ірина ФОРКУН