

Хмельницький національний університет  
Факультет інформаційних технологій  
Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

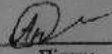
Мікроконтролерна система моніторингу компонентів доквілля.  
Апаратна частина  
Назва теми

КвРКІ 200237.20.02.12 ПЗ  
Шифр

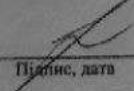
Галузь знань 12 «Інформаційні технології»  
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Шифр, назва

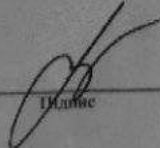
Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»  
Назва

Виконав: студент IV курсу, група K12-20-2   
Підпис А. В. Марценюк  
Ініціали, прізвище

Керівник   
Підпис, дата Д. М. Медзатий  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер   
Підпис, дата І. О. Засорнова  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:  
Зав. кафедри комп'ютерної  
інженерії та інформаційних  
систем

  
Підпис Т. О. Говорущенко  
Ініціали, прізвище

«14» червня 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 123 КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Т.О. Говорушенко

" 06 " 01 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Марценюку Андрію Володимировичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Мікроконтролерна система моніторингу компонентів довкілля.  
Апаратна частина

Керівник проекту (роботи) Медзатий Д.М., к.т.н., доцент

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

Затверджена наказом ректора університету від 15.02.2024 р. № 8

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на кваліфікаційну роботу

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

Теоретичні основи досліджуваної проблеми

Моделювання та проєктування мікроконтролерної системи моніторингу компонентів довкілля. Апаратна частина

Апаратна реалізація стенду, підключення датчиків, налаштування віддаленого доступу \_\_\_\_\_





5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) \_\_\_\_\_

Архітектура ПЗ проекту

Апаратна частина та етапи реалізації \_\_\_\_\_

Реалізація віддаленого доступу до інфраструктури проекту \_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Засорнова І.О., доцент кафедри КНС		
Антиплагіат	Нічепорук А.О., доцент кафедри КНС		

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Терми виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2024	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2024	виконано
3	Робота над розділом 1 – дослідження предметної області та постановка задачі	01.03.2024	виконано
4	Робота над розділом 2 – вибір компонентів для проєктування системи, вибір технічних рішень для подальшої реалізації	01.04.2024	виконано
5	Робота над розділом 3 – проєктування системи моніторингу якості повітря	29.04.2024	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2024	виконано
7	Попередній захист ВКР	30.05.2024	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2024 року	

Студент

  
Підпис

А. В. Марценюк  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

  
Підпис

Д. М. Медзятій  
Ініціали, прізвище

№ р я д к а	Ф о р м а т	Позначення	Найменування	К і л ь с т і в	№ е к з	П р и м і т к а
			<u>Текстові документи</u>			
1		КвРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Пояснювальна записка	67		
			<u>Графічні матеріали</u>			
2		КвРКІ 200237.20.02.12 Е8	Архітектура ПЗ проєкту	1		
3		КвРКІ 200237.20.02.12 Е8	Апаратна частина та етапи реалізації	1		
4		КвРКІ 200237.20.02.12 Е8	Реалізація віддаленого доступу до інфраструктури проєкту	1		
КвРКІ 200237.20.02.12 ВП						
Зм	Арк	№ друкм	Підпис	Дата	Літера	Аркуш
Розробив		Марченко	<i>AM</i>	11.06	у	1
Перевір.		Медзидий	<i>ММ</i>	14.06		1
Н. контр.		Засорнова	<i>AS</i>		ХНУ, КІ2-20-2	
Затв.		Говорушенко	<i>GH</i>	14.06		
Відомість проєкту						

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Мікроконтролерна система моніторингу компонентів довкілля. Апаратна частина».

Автор роботи: Марценюк Андрій Володимирович.

Керівник роботи: Медзатий Дмитро Миколайович.

Пояснювальна записка: 67 с., 24 рис., 3 табл., 3 дод., 47 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

СИСТЕМА, КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, АРХІТЕКТУРА, МОНІТОРИНГ,  
ЯКІСТЬ ПОВІТРЯ, АПАРАТНА ЧАСТИНА.

Метою кваліфікаційної роботи є пошук ефективного рішення для подільшої побудови системи для аналізу якості повітря, пошук компонентної бази, реалізація системи та налаштування віддаленого доступу.

Об'єктом дослідження є стенд для аналізу якості повітря і характеристик навколишнього середовища.

Предметом дослідження є пошук рішення, що є оптимальним для побудови стенду, а саме апаратної частини стенду для моніторингу якості повітря.

Під час проведення даного дослідження був використаний метод аналізу доступних рішень, побудови системи на основі оптимізації та вдосконалення.



Підпис студента

14.06.

Дата

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ПРОБЛЕМИ</b> .....	5
1.1 Аналіз предметної області і оцінка області вивчення згідно із технічним завданням.....	5
1.2 Оцінка рішень доступних на ринку, переваги і недоліки рішень ....	10
1.3 Аналіз операційних систем для керування подібною комплексною системою .....	17
1.4 Оцінка можливих платформ для реалізації проєкту .....	19
1.5 Висновки .....	20
<b>2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ КОМПОНЕНТІВ ДОВКІЛЛЯ. АПАРАТНА ЧАСТИНА</b> .....	21
2.1 Пошук оптимальних рішень .....	21
2.2 Постановка задачі.....	22
2.3 Оцінювання та способи вирішення проблеми віддаленого доступу та можливостей віддаленого конфігурування інфраструктури(датчиків та Raspberry Pi).....	27
2.4 Обгрупування використання рішень тунелювання(VPN – Virtual private network) .....	33
2.5 Безпека системи, парадигма Автентифікації, Авторизації, Облікування .....	34
2.6 Вимоги до облікових даних, збереження, ротація паролів.....	36
2.7 Особливості платформи Raspberry Pi 4B, які варто враховувати при подальшому проєктуванні. Поняття аналогових і цифрових входів.....	37
2.8 Архітектура стенду для моніторингу якості повітря.....	39
2.9 Висновки .....	40

КвРКІ 200237.20.02.12 ПЗ								
Знак	Друк	Молокун	Підпис	Дата	Мікроконтролерна система моніторингу компонентів довкілля. Апаратна частина Пояснювальні записки	Літера	Аркуш	Архивна
Виконав	Маршак А.В.	Молотий Д.М.	<i>[Підпис]</i>	14.06		у	1	2
Перевір	Васорнова І.О.	Гавришкіно Т.О.	<i>[Підпис]</i>	14.06		ХМУ КІ2-20-2		

<b>3 АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ СТЕНДУ, ПІДКЛЮЧЕННЯ ДАТЧИКІВ, НАЛАШТУВАННЯ ВІДДАЛЕНОГО ДОСТУПУ.....</b>	<b>42</b>
3.1 Встановлення Raspberry Pi OS .....	42
3.2 Вибір способів підключення датчиків, безпосереднє підключення датчиків у єдину систему .....	43
3.3 Налаштування RDP, віддаленого доступу та правил безпеки(фаєрволл).....	53
3.3 Тестування віддаленого доступу .....	61
3.4 Підрахунок фінансової складової проєкту .....	64
3.5. Висновки .....	66
<b>ВИСНОВКИ .....</b>	<b>67</b>
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....</b>	<b>68</b>
<b>ДОДАТОК А .....</b>	<b>73</b>
<b>ДОДАТОК Б .....</b>	<b>74</b>
<b>ДОДАТОК В .....</b>	<b>75</b>

## ВСТУП

Під час виконання кваліфікаційної роботи кожен студент отримує цікаву можливість поглибленого дослідження технологій та вивчення обраної наукової області. Центральним аспектом цієї роботи є розробка та впровадження мікроконтролерної системи для моніторингу різних параметрів навколишнього середовища.

Базова частина стенду для моніторингу якості повітря, а саме апаратна складова системи, виконує функції аналізу різноманітних атмосферних показників. Проєкт реалізовує досить широкий спектр досліджень, що стосується вологості, тиску, температури, рівня забруднення, вмісту пилу, концентрації вуглекислого газу та інших важливих показників. Отримані значення є важливими і на основі них здійснюється оцінка рівня якості повітря та твердження про безпеку природнього середовища.

Особливістю нашого проєкту є безперервна передача показників у режимі реального часу. Завдяки попередньо згаданій функції покращується масштабованість системи та її можливість негайно реагувати на зміни екологічної ситуації, аналізувати, збирати історичні дані та мати можливість порівняти вплив чинників на природне середовище і повітря зокрема.

Виконуючи даний проєкт, важливість та відповідальність процесу усвідомлюється сповна, так як при роєктуванні необхідно передбачити всі можливі проблеми системи і врахувати це на етапі проєктування. Це є доволі важливо, оскільки некоректні значення – недопустимий стан подібних виробів. Поєднання передових технологій та екологічної свідомості відкриває можливість зробити вагомий внесок у вирішенні проблем, що стоять перед нашим навколишнім середовищем.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖУВАНОЇ ПРОБЛЕМИ

1.1 Аналіз предметної області і оцінка області вивчення згідно із технічним завданням

Варто спрямувати основну увагу при вивченні технічного завдання, в межах якого необхідно створити мікроконтролерну систему для моніторингу навколишнього середовища саме на апаратній частині

Стартова концепція потребує, щоб розумна система вимірювала і відслідковувала показники природнього середовища. Завдяки їй населення може зрозуміти, який вплив виробництво та забруднення в цілому несе на навколишнє середовище. Тому основним завданням є створення приладу для виміру різних характеристик повітря, а саме: вологості, тиску, температури, рівню забруднення, рівню радіаційного випромінювання, вмісту пилу та вуглекислого газу в повітрі.

Проаналізуємо важливість проєкту. Повітря та вода, які сильно забруднені, можуть впливати на наше здоров'я та безпеку середовища, що нас оточує. Мета нашого проєкту - створити систему яка б вчасно виявляла проблеми та допомагала їх вирішити або пом'якшити.

Коли ми виявляємо в повітрі наявність пилу і шкідливих речовин, то маємо розуміти, що вони так чи інакше мають вплив на життя і здоров'я людини. Однією із проблем є те, що забрудники, в тому числі і пил, можуть проникати в дихальні шляхи. В результаті чого виникають респіраторні захворювання. Перебування протягом довгого часу в такому середовищі згубно впливає на здоров'я і спричиняє серйозні проблеми із самопочуттям.

Сполуки органічного походження є досить шкідливими речовинами, адже вони мають негативний вплив на організм, спричиняють токсикацію, і це є першоджерелом розвитку різних захворювань. Значне перевищення норм подібних сполук, знижують рівень продуктивності, викликають подразнення та погіршують загальну якість життя в цілому. Це було і зазначено у джерелі [1].

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для того, щоб вчасно виявити аномальний рівень забруднення, необхідно проаналізувати стан повітря. Наступним етапом після виявлення має стати внесення змін, щоб це виправити. Це буде завжди актуальним в містах і населених пунктах, де є виробництво, фабрики, заводи, автомагістралі і де потенційно рівень забруднення може бути вищим, ніж норма. На основі проведеного аналізу та отриманих даних ми можемо вжити рішучі заходи для того, щоб якість повітря стала набагато кращою. Заходи можуть передбачати зменшення шкідливих викидів, розширення зеленої інфраструктури, здійснення контролю над виробництвом великих промислових об'єктів. Ще одним можливим способом змін є проведення заходів, які мають на меті покращити екологічну свідомість населення.

На поточному ринку вибір оптимального рішення для подібних стендів є доволі складним через кілька взаємопов'язаних факторів. Існує чимала різноманітність доступних технологій і приладів, які мають свої переваги та недоліки. Наприклад, певні системи забезпечують високу точність вимірювань. Вони можуть бути дорогими і вимагати складного технічного обслуговування. Деякі, навпаки, доступніші ціною, але можуть мати меншу точність і обмежену функціональність.

Окрім того, виробники пропонують різні рівні підтримки та доступного сервісу, який так чи інакше впливає на вибір. Певні з них можуть мати кращу репутацію щодо надійності своїх продуктів, маючи при цьому менш розвинену мережу центрів обслуговування. Інші ж, навпаки, можуть швидко реагувати на запити клієнтів, але пропонувати менш якісні прилади.

Додатковим фактором є відмінності в стандартах і нормативних вимогах у різних регіонах, що може ускладнювати вибір для міжнародних компаній. Наприклад, те, що відповідає локальним стандартам, може не відповідати вимогам в інших країнах, як і зазначено у джерелі [2, 3].

Також важливою проблемою є інтеграція систем оцінки якості повітря з існуючими інфраструктурами та їх сумісність з іншими технологіями, які

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовуються на підприємствах чи в громадських місцях. Це включає питання щодо сумісності програмного забезпечення, можливості збору та аналізу даних, а також легкості використання для кінцевих користувачів.

Таким чином, складність вибору оптимального рішення для стендів оцінки якості повітря зумовлена комбінацією технологічних, економічних факторів, а також потребою інтеграції, сумісності з вже створеними системами.

Кожен з цих аспектів вимагає ретельного аналізу, врахування специфічних потреб, можливостей окремого клієнта.

Тепер подивимося як може працювати цей стенд. У ньому можуть бути передбачені прилади, які збирають дані, аналізуючи якість повітря. Наприклад, сенсори вимірюють вологість, тиск і температуру, а інші визначають приміром рівень забруднення, радіаційний фон. Всі ці дані потім відправляються через Інтернет, щоб зробити їх доступними для аналізу в режимі реального часу.

Це дозволяє швидко реагувати, змінювати та робити навколишнє середовище безпечним. Коли рівень забруднення стає більшим, то ми маємо можливість швидко вжити заходи для того, щоб досягти кращих результатів. Окрім цього це має стати відмінним інструментом для науковців, щоб краще розуміти зміни в кліматі.

Доволі важливо: вимірювальні прилади мають бути точними, швидкими. Ми також розглядаємо можливості вдосконалення технічних аспектів, для того, щоб система була ефективнішою.

Ще одним ключовим елементом є передача корисного навантаження у режимі онлайн. Це означає, що дані можна переглядати в будь-який час через мережу Інтернет. Даний підхід забезпечує доступність інформації, дозволяє приймати коректні рішення.

Важливо також забезпечити, щоб система була екологічно стійка. Ми розглядаємо ті технології, які мінімізують шкоду навколишньому середовищу та дбаємо про ефективне використання енергії.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реалізація стенду на практиці допомагає не лише розвивати нові технології, але й зробити наше середовище чистішим та безпечнішим для використання.

Існуючі системи моніторингу компонентів довкілля вже здійснюють важливі функції в забезпеченні екологічної стійкості. Проте існує безліч можливостей для їхнього подальшого вдосконалення та підвищення ефективності, що власне було також досліджено у ресурсі [4].

Одним з ключових напрямків вдосконалення є покращення точності та чутливості вимірювальних приладів. Важливо розвивати більш ефективні сенсори та інструменти для збору даних, щоб отримувати точніше відображення стану довкілля. Інноваційні засоби та технології можуть забезпечити високу точність вимірювань ну і, звісно, відповідати викликам сьогодення.

Далі важливо розвивати технічні аспекти передачі даних. Швидкі та надійні канали комунікації, зокрема технології Інтернету речей (IoT), мають можливість покращити обмін інформацією. Це дозволяє одержувати дані в реальному часі, забезпечуючи оперативність реагування на зміни довкілля, полегшуючи прийняття рішень при виявленні можливих проблем. Практичним прикладом є джерело [5].

Також варто розвивати систему енергозабезпечення. Застосування високоефективних акумуляторів, навіть відновлюваних джерел енергії зменшує вплив на навколишнє середовище та забезпечує стабільну роботу систем при віддалених або екстремальних умовах.

Для полегшення використання, розширення можливостей подібних пристроїв, важливо вдосконалювати програмне забезпечення і звертати увагу на взаємодію її компонентів. Введення інтелектуальних алгоритмів аналізу даних, розробка інтуїтивно зрозумілих інтерфейсів для користувачів, робить систему більш доступною, ефективною.

Однією з перспективних областей є інтеграція з системами штучного інтелекту. Штучний інтелект допомагає в аналізі значних обсягів даних та визначенні зв'язків між варійованими параметрами навколишнього середовища. Це відкриває нові можливості прогнозування та вчасного реагування на зміни.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Також системи моніторингу можуть вигідно співпрацювати з громадськими ініціативами та смарт-містами. Розширення екосистеми датчиків та обмін інформацією між різними джерелами може забезпечити більш широкий спектр охоплення та збір даних на різних рівнях.

Важливо зауважити, що вдосконалення існуючих систем моніторингу потребує значних зусиль. Подібні електронні пристрої набувають все більшої популярності завдяки своїй зручності та функціональності.

Використання одноплатних комп'ютерів, таких як Raspberry Pi, як основи для систем моніторингу, має цілий ряд переваг. В свою чергу одноплатні комп'ютери доступні за порівняно невеликою ціною, що дозволяє знижувати вартість розробки та впровадження моніторингових систем.

Подібні пристрої зазвичай витрачають менше електроенергії порівняно з традиційними серверами або комп'ютерами, що робить їх екологічною та економічною альтернативою, зазначено у роботі [6].

Завдяки невеликим розмірам одноплатних комп'ютерів, системи моніторингу можуть бути компактними та портативними і це робить їх ідеальними при різних технічних задачах.

Одноплатні комп'ютери зазвичай мають різні порти й роз'єми, це дозволяє легко підключати різноманітні датчики і пристрої для розширення функціональності моніторингової системи.

Використання одноплатних комп'ютерів стимулює індивідуальних розробників, ентузіастів для створення і реалізації власних проєктів, не лише призначених для моніторингу.

Одноплатні комп'ютери, для прикладу як Raspberry Pi, мають широку спільнотою і підтримку. Це означає наявність значних можливостей за рахунок кількості ресурсів, документації, програмного забезпечення, що позитивно впливає на розвиток проєктів.

Загалом, використання одноплатного комп'ютера як основи для систем моніторингу, дозволяє створювати ефективні, доступні та гнучкі рішення для вимірювання та аналізу параметрів довкілля.

Варто зазначити, що операційна система Raspbian є доволі інтуїтивною, має командний і графічний інтерфейс, містить весь необхідний набір інструментарію. Дана платформа може застосовуватись для досить гнучкої автоматизації, реалізовувати широкий спектр завдань, а саме: містити інструменти серверної частини, дозволяє гнучко налаштовувати необхідні для роботи протоколи, має набір інтерфейсів для взаємодії із датчиками (GPIO/SPI інтерфейси). Також на базі Raspberry Pi можна визначати права доступу на рівні мережі та користувачів/адміністраторів. Також у роботі [7] описано додаткові переваги вище зазначеної системи.

## 1.2 Оцінка рішень доступних на ринку, переваги і недоліки рішень

Оцінка рішень, доступних на ринку – це важливий етап при розробці системи моніторингу компонентів довкілля. Ринок виробів пропонує різноманітні технології і рішення, кожне з них має свої переваги і недоліки. Практичний приклад описаний у джерелі [8].

Одним із розглянутих рішень є використання існуючих сенсорів і приладів, доступних для придбання. Ці рішення вигідні з точки зору вартості і доступності. Чимало компаній рекомендують широкий вибір датчиків з функцією виміру параметрів повітря. Однак їхні переваги можуть обмежуватися областю застосування і точністю вимірювань, що не завжди відповідає вимогам сучасних проєктів.

Іншим розглянутим варіантом є використання вбудованих сенсорів у сучасних пристроях, таких як смартфони, планшети. Це є зручним та доволі ефективним і виправданим рішенням, оскільки багато людей мають такі пристрої. Проте точність вимірювань й обмежені можливості взаємодії з іншими сенсорами

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можуть бути чинниками, які впливають на можливості застосування в контексті системи моніторингу.

Іншим варіантом є використання спеціальних приладів для моніторингу навколишнього середовища. Ці пристрої оснащені більшими можливостями та точнішими датчиками. Вони можуть працювати в режимі реального часу та надавати детальніші дані для подальшого аналізу. Однак їх вартість та складність на етапі поєднання та реалізації стенду може бути вищою.

Також необхідно враховувати можливості систем передачі даних у реальному часі. Наприклад, певні рішення можуть використовувати технології Інтернету речей (IoT) для безперервного зв'язку та надсилання даних у хмарне сховище. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни й отримувати дані у будь-який момент.

Загальна оцінка доступних рішень має враховувати можливості екологічної стійкості й енергоефективності. Системи, що використовують відновлювані джерела енергії або мають нижчий викид вуглецю, звісно, мають перевагу.

У будь-якому рішенні є свої переваги та недоліки. Вибір залежить від конкретних потреб проєкту, його бюджету та цілей. Необхідно збалансувати вартість, точність вимірювань, зручність використання та енергоефективність для досягнення оптимального рішення.

Цінові сегменти різних рішень для системи моніторингу компонентів довкілля значно варіюються, враховуючи їхню складність, точність та функціональність. Розглянемо можливі рішення, що доступні на ринку, дослідження з приводу загальнодоступних рішень було описано у роботі [9].

Щодо сенсорів, які доступні на загальнодоступному ринкові, то їх варто оцінити відповідно за наступними критеріями: вартість, точність, функціональні можливості.

Вартість – зазвичай, вони є більш вартісними, ніж більш загальні або вбудовані альтернативи.

					КвРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Точність – може бути прийнятною для загального моніторингу, але точність може варіюватися.

Функціональність – зазвичай обмежена, пристрої можуть вимірювати лише обрані параметри.

Оцінимо вбудовані сенсори у пристроях (смартфони, планшети) за тими ж критеріями, це необхідно, щоб мати чітке уявлення щодо ресурсів, в тому числі і фінансових, порівнюючи із можливостями приладу.

Вартість – вигідніше, оскільки багато людей вже мають такі пристрої.

Точність – залежить від вбудованих сенсорів, які не завжди є такими точними, як спеціалізовані сенсори.

Функціональність – обмежена, можливості взаємодії з іншими сенсорами часто обмежені.

Очевидно, за попередньо згаданими критеріями варто оцінити і спеціалізовані пристрої для моніторингу довкілля.

Вартість – вища, тому що такі пристрої мають розширені можливості.

Точність – зазвичай, вища, оскільки система призначена для професійного моніторингу.

Функціональність має більші можливості, в тому числі вимірювання більшої кількості параметрів.

Давши оцінку зазначеним опціям, варто враховувати і системи з використання Інтернету речей та передачу даних в реальному часі, які можна розглядати як доволі конкурентне рішення.

Вартість залежить від складності, але може бути більшою і аргументована використанням інноваційних технологій.

Точність – зазвичай, висока, оскільки спрямована на вимірювання в реальному часі. Варто зазначити розширені можливості, здатність до передачі даних в хмарне сховище для подальшої можливості обробки.

Порівнюючи вартісні сегменти, потрібно враховувати потреби та завдання проекту. Якщо вартість є важливим фактором, вбудовані сенсори можуть бути

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

більш економічним варіантом. Однак, якщо необхідна висока точність та розширені можливості, спеціалізовані пристрої, системи з використанням Інтернету речей можуть бути більш доцільними.

Існує безліч комерційних систем моніторингу, що надають послуги вимірювання й аналізу параметрів навколишнього середовища. Приклад описаний у джерелі [10].

AirVisual пропонує одне із доступних рішень для моніторингу якості повітря. Система надає дані про рівень забруднення повітря, включаючи концентрацію PM2.5, температуру й вологість. Користувачі можуть відстежувати показники в режимі реального часу через мобільний додаток або веб-інтерфейс.

Можливий конкурент - це Aeroqual спеціалізується на розробці моніторингових систем для вимірювання різноманітних параметрів повітря, таких як газ, пил, вологість. Їхні рішення використовуються в промислових, наукових і комерційних застосуваннях.

Система Honeywell IAQPoint реалізує систему моніторингу якості внутрішнього повітря для комерційних структур. Система вимірює рівень CO<sub>2</sub>, температуру й вологість, допомагаючи забезпечити здорове та комфортне середовище для працівників.

Ще одна альтернатива - це PurpleAir спеціалізується на моніторингу частинок у повітрі (PM2.5 та PM10). Датчики системи знаходяться в різних місцях і дані з них виводяться в реальному часі на карті для загального доступу. Детальніше про систему описано в джерелі [11].

Система Libelium Waspnote - це модульна система Інтернету речей для моніторингу, що може вимірювати різні параметри довкілля, включаючи температуру, вологість, рівень шуму, газ. Система розрахована для застосування в різноманітних галузях.

У комерційних системах моніторингу і управління, способи передачі інформації та комунікації між контролером і датчиками визначаються технічними

вимогами й специфікаціями конкретного проєкту. Основні засоби комунікації описані нижче.

1. Wi-Fi: забезпечує високу швидкість передачі даних і простоту в налаштуванні, проте може використовувати значну кількість електроенергії.

2. Bluetooth: використовується для зв'язку на короткій відстані, ідеально підходить для встановлення зв'язку між датчиками й контролером у невеликих приміщеннях.

3. Zigbee і Z-Wave: забезпечують мале споживання енергії та широкий діапазон зв'язку, що робить їх оптимальними для систем IoT.

4. RS-485: використовується для великих відстаней і забезпечує стійкість до електромагнітних перешкод.

5. Modbus: протокол передачі даних, що широко використовується для встановлення зв'язку між пристроями в промисловості.

6. Ethernet: дозволяє використовувати стандартну мережеву інфраструктуру для обміну даними.

7. LoRaWAN: для великих відстаней і низького споживання енергії, ідеально підходить для великих мереж Інтернету речей.

8. MQTT (Message Queuing Telemetry Transport): протокол для передачі повідомлень у вузькоспеціалізованих мережах Інтернету речей.

9. CoAP (Constrained Application Protocol): призначений для використання в спеціалізованих пристроях і мережах.

Кожен протокол з'єднання має свої переваги й недоліки, вибір залежить від конкретного середовища й умов використання системи. У комерційних рішеннях можуть використовуватися комбінації цих технологій ефективності й надійності зв'язку.

В Україні на сьогодні застосовуються різноманітні системи для спостереження за рівнем якості повітря. Найпоширенішими є системи, що використовують датчики для збору даних про рівня забруднювання у режимі реального часу. Подібні системи інтегруються у громадські мережі міста та

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

надають доступ до даних через онлайнплатформи. Вони відображають рівні забруднення на мапах і використовуються для моніторингу в режимі реального часу.

Деякі українські міста використовують інтегровані моніторингові системи, які об'єднують сенсори для вимірювання різних показників якості повітря і таким чином утворюють цілі інфраструктурні екосистеми. Ці дані часто аналізуються та використовуються для оцінки впливу забруднювачів на здоров'я населення і розробки стратегій їх зниження.

Деякі міста також активно співпрацюють з громадськими організаціями та активістськими групами, щоб створити власні мережі сенсорів для моніторингу якості повітря. Це дозволяє місцевим громадам брати активну участь у зборі та аналізі показників про забруднення повітря а також впливати на прийняття рішень щодо покращення навколишнього середовища.

Зокрема, певні міста України вже впроваджують програми та проєкти з моніторингу якості повітря, які орієнтовані на використання сучасних технологій й інформаційних систем збору, аналізу та візуалізації даних про забруднення повітря. Це сприяє покращенню контролю за станом довкілля а також зменшенню впливу шкідливих речовин на здоров'я населення.

Громадські мережі контролю якості повітря EcoCity, ЛУН Місто Air та Save Dnipro є провідними проєктами у даній сфері.

Мережа EcoCity сповіщає про хімічні й радіаційні загрози у режимі реального часу. Ця мережа налічує вже 36 станцій по всій Україні, кількість яких постійно зростає.

Усі ці мережі забезпечують громадянам дані про мікроклімат, включаючи атмосферні умови, тиск і температуру повітря. Більшість станцій також надають інформацію про рівень пилу у повітрі. Державні мережі зазвичай вимірюють загальний вміст пилу, тоді як громадські системи фокусуються на вмісті дрібнодисперсного пилу 2,5–10 мкм, який Всесвітня організація охорони здоров'я вважає найбільш небезпечним.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У місті Хмельницькому використовується система Lun Місто Air. Станції розміщені по місту та щосекунди сканують якість повітря. Вони вимірюють кількість наддрібних частин у повітрі: концентрацію PM1, PM2.5, PM10, детально про дану систему було описано у ресурсі [12]. Показники у реальному часі виводяться одночасно на декілька джерел. Система реалізована доволі якісно, проте одночасно із цим, згідно із інформацією, що є доступною в публічних джерелах, на момент пошуку даних і написання роботи, у місті Хмельницькому наявні лише 3 станції для збору даних, що не дозволяє бачити значення забруднення в місті в цілому. Це є важливо, оскільки таким чином показник забруднення відображений здебільшого для окремих мікрорайонів міста. Очевидно, що значення можуть доволі широко коливатись в залежності від мікрорайонів та розташування доріг загального користування та промислової зони поблизу.

Щодо ситуації із аналізом якості повітря в цілому у Хмельницькій області, то переважна більшість населених пунктів в цілому не мають подібних систем моніторингу. Таким чином, підсумувавши, даний вектор дослідження є перспективним з точки зору актуальності та збереження довкілля.

Варто зазначити, що нові системи також варто розробляти враховуючи їх рівень енергоспоживання, можливий час автономності роботи та інтеграції із альтернативними джерелами. Це є необхідність, так як виріб має враховувати сучасні потреби, а також бути розрахованим на можливу роботу із нестабільною енергосистемою.

Проаналізувавши вже готові рішення і аналоги, можна зазначити, що виріб має бути доволі стійким до виведення із ладу окремих компонентів системи. Даний підхід має забезпечити високу доступність.

Також задля досягнення високої доступності, система має бути сумісною із роботою через декілька Інтернет провайдерів, задля передачі даних у випадку неполадок у одного із провайдерів. Тобто відмовостійкість з точки зору живлення

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і передачі даних – це однозначна перевага, що може зробити систему ще більш конкурентною.

### 1.3 Аналіз операційних систем для керування подібною комплексною системою

Вибір операційної системи (ОС) для Raspberry Pi 4B, яка слугуватиме платформою для стенду вимірювання якості повітря, є критично важливим. Стенд буде включати модулі, підключені через Raspberry Pi 4 та Raspberry Pi Pico. Враховуючи специфіку проєкту, необхідно обрати ОС, яка забезпечить стабільну роботу, зручність у налаштуванні, підтримку необхідного програмного забезпечення. Розглянемо найбільш оптимальні варіанти.

Однією з найпопулярніших операційних систем для Raspberry Pi є Raspberry Pi OS (раніше відома як Raspbian). Ця операційна система є офіційною і спеціально оптимізованою для апаратного забезпечення Raspberry Pi. Вона базується на операційній системі Debian і забезпечує стабільність, безпеку та широку підтримку програмного забезпечення. Raspberry Pi OS має графічний інтерфейс і полегшену версію Lite, яка ідеально підходить проєктам з мінімальними ресурсами.

У контексті вимірювання повітря дана операційна система надає вибір бібліотек й інструментів для роботи з датчиками і модулями, що підключаються через Raspberry Pi Pico.

Альтернативним варіантом є Ubuntu, що описана у джерелі [13]. Зокрема версія Ubuntu Server, яка пропонує потужну платформу розробки й експлуатації - рішень Інтернету речей. Ubuntu - одна із найбільш популярних Linux-дистрибутивів, відома своєю стабільністю й широкою підтримкою різноманітного апаратного забезпечення. Використання Ubuntu Server надає можливість працювати без графічного інтерфейсу, що зменшує навантаження на систему і дозволяє виділяти більше ресурсів для безпосередніх завдань вимірювання й аналізу якості повітря. Завдяки репозиторіям Ubuntu, можна встановлювати

необхідні пакети й бібліотеки для роботи з датчиками. Проте, відсутність графічного інтерфейсу створює додаткові труднощі керування й візуалізації.

Ще одна альтернатива – BalenaOS, спеціалізована операційна система, призначена для пристроїв Інтернету речей. Вона базується на Linux й оптимізована для роботи з контейнерами Docker. Це робить її ідеальним вибором для розгортання контейнеризованих застосунків, що дозволяє легко оновлювати та масштабувати програмне забезпечення стенду. BalenaOS підтримує широкий обсяг платформ Інтернету речей й має інтеграцію з BalenaCloud, що забезпечує централізоване керування і моніторинг пристроїв. Це особливо корисно для віддаленого керування та оновлення програмного забезпечення стенду. Але рішення є пропрієтарним й у окремих випадках не безкоштовним.

Можна також оцінити використання FreeRTOS в поєднанні з Raspberry Pi Pico для роботи із сенсорами, як зазначено у джерелі [14]. FreeRTOS є операційною системою реального часу, яка забезпечує порівняно високу швидкість реакції і низький рівень затримки при передачі даних. Вона може працювати разом із мікроконтролерами, такими як Raspberry Pi Pico, забезпечуючи обробку даних від сенсорів у реальному часі, в той час як основні обчислення та зберігання даних можуть виконуватися на Raspberry Pi 4B під керуванням більш потужної операційної системи. Дана операційна система є чудовим рішенням, але у нашому випадку доцільно використати звичайний MicroPython код на Raspberry Pi Pico.

Кожна з операційних систем має свої переваги і обирається в залежності від специфіки вимог проєкту. Raspberry Pi OS забезпечує стабільність і значний набір інструментів, Ubuntu пропонує потужну платформу для розробки й реалізації, BalenaOS оптимізована для контейнеризованих додатків і віддаленого керування, FreeRTOS надає можливість реального часу для роботи з датчиками. Вибір конкретної операційної системи залежить від вимог обробки даних, керування сенсорами, масштабованості та віддаленого керування проєктом.

## 1.4 Оцінка можливих платформ для реалізації проєкту

Зосередження на розробці платформ оцінювання якості повітря з нуля може бути менш ефективним, порівняно з використанням готових рішень, таких як платформи на базі мікроконтролерів.

Створення подібної платформи з нуля вимагає значних ресурсів у вигляді часу і коштів. Це включає не тільки розробку апаратного забезпечення, але й написання програмного забезпечення, проведення тестувань та забезпечення відповідності різним стандартам і нормам а також керуючись найкращими практиками. У той час, як готові платформи на базі мікроконтролерів вже мають значну частину цієї роботи виконаною, що дозволяє значно скоротити час на розробку і зменшити витрати, опис подібної побудови зазначений у джерелі [15].

Готові мікроконтролерні платформи зазвичай підтримуються виробниками, що забезпечує доступ до оновлень, технічної підтримки та документації. Це дозволяє зосередитись на додаткових функціональних можливостях і специфічних потребах проєкту, замість вирішення базових проблем після збору або невдалого проєктування. Використання готових рішень як основи також мінімізує ризики, пов'язані з можливими помилками, недоліками в дизайні, що можуть виникнути під час переходу до етапу проєктування.

Готові платформи на базі мікроконтролерів мають вбудовану підтримку для різних датчиків і допоміжних пристроїв. Це спрощує їх інтеграцію та масштабування, дозволяє швидко адаптувати систему під конкретні вимоги, додаючи або змінюючи компоненти без значних змін архітектури

Зрештою, ринок вже має багато перевірених і випробуваних рішень, що ґрунтуються на мікроконтролерах, які демонструють високу надійність та ефективність. Використання таких платформ забезпечує стабільність та прогнозованість результатів, що є критично важливим для систем з оцінки якості повітря, де точність і надійність вимірювань мають велике значення.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.5 Висновки

У розділі 1 було проведено значну частину роботи, що стосується аналізу предметної області, доступних рішень, що пропонуються користувачу, а також можливих технологій.

Було встановлено, що рішення, які пропонуються клієнтам, мають власні переваги і недоліки, переважна більшість конкурентних рішень, все ж мають напрям для вдосконалення та зміни архітектури. Також було проаналізовано реалізовані рішення у місті Хмельницькому, їх вектор розвитку та можливі напрямки вдосконалення, а також сильні та слабкі сторони.

В цьому розділі відбувся початковий пошук елементної бази для побудови проекту. З точки зору нашого технічного завдання, було проведено пошук можливих компонентів, датчики були порівняні із аналогами за технічними характеристиками, енергоспоживанням і вартістю, після успішного порівняння було обрано найбільш оптимальні компоненти.

Також було проведено пошук інформації щодо можливих платформ для стенду аналізу якості повітря та доступних операційних систем для основи. Це був необхідний етап, щоб визначити вектор розвитку при побудові архітектурних рішень на наступному етапі.

На даному етапі було також порівняно операційні системи під керуванням яких може бути реалізовано проєкт. Кількість операційних систем є доволі значною, дослідження можливих варіантів та вибір операційної системи для платформи потрібно було робити досить зважено, оскільки некоректний вибір напряму вплине на рівень якості виробу, його характеристики, масштабування а також зручність адміністрування. Наш проєкт є на науково-дослідному етапі, то в будь-якому випадку система потребуватиме використання високорівневих мов програмування та операційної системи, то створення абсолютно нової архітектури не є доцільним рішенням.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ КОМПОНЕНТІВ ДОВКІЛЛЯ. АПАРАТНА ЧАСТИНА

### 2.1 Пошук оптимальних рішень

Реалізація прийнятого рішення, що базується на основі різних модулів, має переваги, які можуть бути важливими для побудови проєктів.

Підхід дозволяє вибрати модулі, компоненти яких відповідають конкретним вимогам і завданням проєкту. Це забезпечує гнучкість вибору технічних рішень.

Можна оптимізувати витрати, обираючи бюджетно-доцільні компоненти, використовувати тільки ті функції, які необхідні для застосування.

Надається повний контроль розробки, інтеграції та управління системою. Це дозволяє вдосконалювати, а також конфігурувати систему під власні потреби.

Завдання дозволяє створювати персоніфіковані та індивідуалізовані функції, які мають значну перевагу при реалізації. Крім того можна легко розширити систему, додаючи нові модулі або оновлювати ті, що доступні.

Коли інженер налаштовує систему, то має повний контроль над збереженням даних та забезпеченням недоторканості інформації. Це однозначно важливо, якщо відбувається взаємодія із чутливою інформацією.

Відбувається повний контроль над інтеграцією з іншими системами і з'являється можливість створювати зручні інтерфейси для взаємодії з іншими технологіями.

Так чи інакше, варто зазначити, що побудова власного рішення є часо і ресурсовитратними, варто враховувати і заздалегідь передбачати сумісність модулів. Потрібно зважити сильні та слабкі сторони в контексті конкретного проєкту та його функцій.

Вибір Raspberry Pi способу зв'язку з зовнішніми модулями та використанням різних протоколів обміну даних, приміром: SPI, GPIO, Wi-Fi та Ethernet, обґрунтований кількома ключовими перевагами для систем моніторингу і

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

контролю. Як Raspberry Pi використовується в подібних проєктах описано в джерелі [16].

Raspberry Pi має цілий набір портів GPIO, що дозволяє зручно підключати модулі розширення, датчики та інші пристрої. Використання SPI та GPIO дозволяє ефективно отримувати дані із модулів, при цьому маючи гнучкість у розробці.

Застосування протоколу SPI (Serial Peripheral Interface) дозволяє оперативно та ефективно запитувати та отримувати дані між Raspberry Pi та приєднаними пристроями. Це особливо важливо в системах, де вимагається висока швидкість зчитування чутливих даних, зокрема, у моніторингу довкілля.

Використання технологій Wi-Fi та Ethernet надає можливість вибрати між безпроводним та провідним з'єднанням, залежить від конкретних умов, вимог проєкту. Це дозволяє оптимізувати швидкість і надійність передачі даних в залежності від конкретного середовища використання. Raspberry Pi має потужну спільноту розробників, яка спрощує проєктування й розробку. Використання різних протоколів дозволяє пристосовувати систему до конкретних вимог, а інтеграція з Wi-Fi та Ethernet дає можливість віддалено моніторити та керувати системою.

Даний підхід збільшує кораність, покращує ефективність при розробці систем моніторингу довкілля, а Raspberry Pi виявляється ефективним інструментом, гнучко задовільняє вимоги проєктів у цій галузі.

## 2.2 Постановка задачі

Мета проєкту: створення компактного та надійного стенду для аналізу якості повітря та довкілля, який використовує одноплатний комп'ютер, щоб був оптимальним із точки зору вартості, аналізу, обслуговування і масштабування. Пристрій немає бути надмірно дорогої вартості, водночас вартість немає бути перешкодою для виконання всіх необхідних функцій якісно.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Почати варто із вибору компонентної бази для попередньо обраної платформи – Raspberry Pi 4. На ринку існує кілька популярних сенсорів, кожен з яких має свої переваги та специфічні можливості.

Почнемо з сенсорів серії MQ, зокрема MQ-135. Цей сенсор є одним з найпоширеніших і доступних за ціною. MQ-135 може вимірювати кілька типів газів, включаючи аміак, бензол, спирт і чадний газ. Він відомий своєю простотою використання та низькою вартістю, що робить його привабливим для бюджетних проєктів. Крім того, MQ-135 легко інтегрується в різні системи завдяки своїй сумісності з популярними мікроконтролерами та модулями, приклад застосування зазначений у джерелі [17].

Іншим конкурентом є сенсор CCS811 від компанії AMS, приклад застосування описаний у реалізацій у ресурсі [18]. Цей сенсор забезпечує точніші вимірювання вмісту CO<sub>2</sub> та летких органічних сполук (VOC). CCS811 має низьке енерговикористання і легко інтегрується у різні системи завдяки стандартному інтерфейсу I2C. Датчик здатен автоматично компенсувати зміни у навколишньому середовищі, задяки цьому підвищується його точність. При цьому його вартість вища порівняно з MQ-135.

Ще одним варіантом є датчик SGP30 Sensirion. SGP30 забезпечує точні вимірювання CO<sub>2</sub> та VOC, має низьке енергоспоживання при невеликих розмірах. Він менш чутливий до змін у навколишньому середовищі порівняно з іншими сенсорами. SGP30 також має вбудовану функцію самоочищення, що допомагає підтримувати його точність протягом тривалого часу. Вартість цього сенсора може бути дорогою, що так чи інакше є недоліком, адже вартість створюваного проєкту має значення .

Порівняно із попередньо згаданими варіантами виділяється сенсор BME688 від компанії Waveshare. Модуль поєднує в собі вимірювання температури, вологості, тиску і газів, що дозволяє отримувати комплексні дані про якість повітря. BME688 має високу точність і стабільність вимірювань, містить вбудовані алгоритми для компенсації впливу змін у навколишньому середовищі. Крім того

датчик підтримує технологію штучного інтелекту для покращення точності визначення різних типів газів і це робить його особливо привабливим для сучасних застосувань. Порівняно з іншими сенсорами, ВМЕ688 забезпечує комплексний підхід до вимірювання якості повітря, поєднує декілька параметрів в одному модулі, що спрощує інтеграцію і знижує загальну вартість системи.

Таким чином, проаналізувавши характеристики згідно наших попередньо згаданих вимог і критеріїв, вибір падає на MQ-135 та ВМЕ688. Оскільки нам важливі такі характеристики як доступність і низька вартість, то MQ-135 є привабливим варіантом. Необхідно звернути увагу на його простоту використання та можливість вимірювати кількох типів газів. Також нам необхідна висока точність, багатофункціональність і сучасні можливості, тому тут ВМЕ688 є найкращим оптимальним вибором.

Один з найпоширеніших датчиків пилу -це датчик серії Sharp. Оптичний датчик використовує інфрачервоне випромінювання для того, щоб виявити частинки пилу в повітрі. Він має невелике енергоспоживання і забезпечує досить точні вимірювання концентрації пилу. Також є компактним і легко інтегрується з мікроконтролерами завдяки стандартному аналоговому виходу. Але його точність може знижуватись через наявність інших часток або диму, це може впливати на результати вимірювань.

Ще один популярний варіант - це датчик серії SDS011 від Nova Fitness. Цей лазерний датчик використовує технологію розсіювання світла для того, щоб виміряти концентрацію пилу. SDS011 забезпечує високу точність і може вимірювати частки розміром від 0.3 до 10 мікрон. Він має інтерфейс UART, що дозволяє легко інтегрувати у різні системи. Однак SDS011 є більш громіздким і має високу вартість, порівнюючи з попередньо згаданим конкурентом.

Серед всіх доступних варіантів виділяється датчик пилу Waveshare Dust Sensor. Він має декілька важливих переваг і це є найкращий вибір для нашого проекту. По-перше, Waveshare Dust Sensor має технологію лазерного розсіювання, що забезпечує високу точність вимірювань, він може виявляти частки пилу

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розміром від 0.3 до 10 мікрон. Це робить його особливо ефективним при моніторингу якості повітря в умовах високої забрудненості.

По-друге, цей датчик має інтерфейс UART, що дозволяє легко інтегрувати у різні системи й підключати до мікроконтролерів. Це спрощує процес розробки і зменшує час на налаштування системи.

Waveshare Dust Sensor є доступним по ціні, надає можливість точно й стабільно вимірювати концентрацію пилу у повітрі, він є відмінним варіантом для нашого проєкту.

Отже, отримаємо наступну елементну базу: Raspberry Pi 4B, Waveshare MQ-135, BME688 та датчик пилу для того, щоб здійснити моніторинг різних параметрів повітря. Наступними діями є визначення основних етапів.

Інтеграція модулів:

- підключення та інтеграція Waveshare MQ-135 для того, щоб виміряти рівень різних газів (оксиду вуглецю, метану, амоніаку);
- підключення та інтеграція Waveshare BME688 для вимірювання температури, вологості, атмосферного тиску та якості повітря.

Додавання датчика пилу:

- включення датчика пилу для того, щоб оцінити рівень забрудненості повітря частками пилу та аерозолями.

Підготовка до реалізації збору та збереження даних:

- встановити та налаштувати операційну систему;
- валідація підключення датчиків;
- перевірити стабільність роботи датчиків.

Створення інтерфейсу для взаємодії віддалених адміністраторів:

- забезпечити можливість віддаленого доступу до стенду;
- побудова безпечної інфраструктури;
- передбачення можливості масштабування й відмовостійкості.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інтеграція з системою Інтернету речей:

– впровадження технології Інтернету речей для передачі даних в реальному часі у хмарне сховище або інші зовнішні пристрої.

Вимоги й технічні характеристики:

– використання Raspberry Pi 4 В як головного керуючого блоку;  
– взаємодія з Waveshare MQ-135, ВМЕ688 й Датчиком Пилу через відповідні інтерфейси.

– можливість здійснювати аналіз й обробку даних в реальному часі;

– підготовка до передачі даних через мережу Інтернет;

– можливість віддаленого адміністрування й отримання даних.

Очікувані результати й переваги:

– компактний і портативний аналізатор довкілля;

– збір й аналіз точних даних в реальному часі;

– можливість віддаленого моніторингу, контролю;

– система для оперативної реакції на зміни в навколишньому середовищі;

– доступна вартість;

– інтеграція з іншими системами різного призначення;

– можливість автономної роботи й невеликого енергоспоживання.

Реалізація цього завдання сприятиме створенню ефективного засобу для моніторингу навколишнього середовища з використанням доступних технологій і модулів. Вигляд Raspberry Pi 4В поданий на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Одноплатний комп'ютер Raspberry Pi 4В

Розпінування з'єднань одного із рекомендованих модулів наведено нижче на рисунку 2.2, також це було зазначено у джерелі [19].

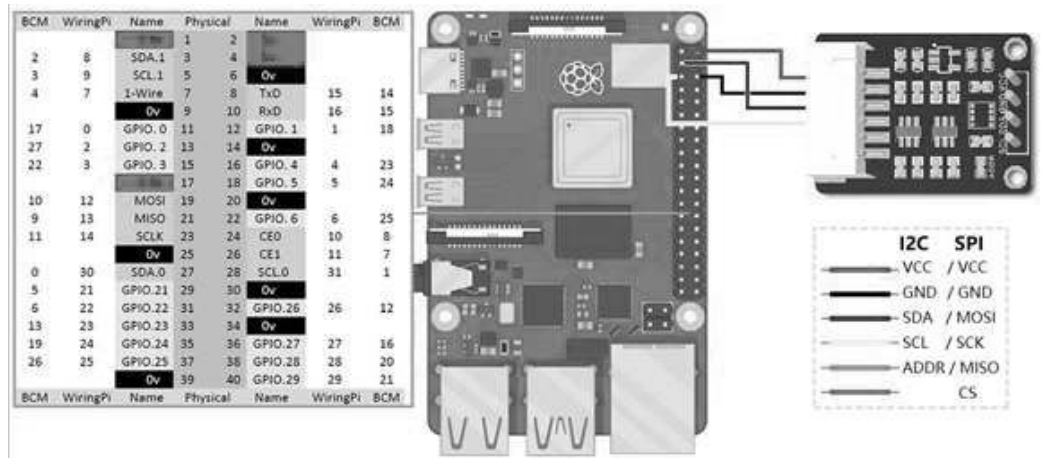


Рисунок 2.2 – Розпінування одного із датчиків(BME68X)

2.3 Оцінювання та способи вирішення проблеми віддаленого доступу та можливостей віддаленого конфігурування інфраструктури(датчиків та Raspberry Pi)

Віддалений доступ до пристроїв Інтернету речей (IoT) відіграє важливу роль у сучасному світі. Він дозволяє з будь-якого місця керувати своїми підключеними пристроями. Наприклад, з'являється можливість внести правки в програмний код, перезавантажити модуль та проводити контроль навіть віддалено, із будь-якої точки світу.

Друга важлива перевага полягає в тому, що віддалений доступ спрощує процес діагностики й обслуговування пристроїв. Отже, можна віддалено виявляти проблеми й надавати відповідні рекомендації та навіть вирішувати їх без необхідності фізичних змін. Це зменшує час і витрати обслуговування.

Варто зазначити: завдяки віддаленому доступу можна реагувати на потенційні загрози й приймати відповідні заходи для запобігання вторгненням або мінімізації наслідків.

Віддалений доступ сприяє ефективному використанню ресурсів, зокрема електроенергії, оскільки немає необхідності вмикати додатковий дисплей, що споживатиме більше електроенергії, ніж уся система моніторингу, враховуючи датчики.

Все це, робить віддалений доступ до інфраструктури проєкту необхідним і важливим елементом їхньої функціональності, забезпечує зручність, ефективність, безпеку й оптимальне використання ресурсів.

Необхідність використання віддаленого доступу можна довести тим, що таким чином немає потреби всім розробникам, адміністраторам перебувати в близькості до системи. Власне це і є одним із головних аргументів: поставлене завдання вимагає реалізації архітектури віддаленого доступу.

Під час налаштування віддаленого доступу до Raspberry Pi можуть виникати деякі проблеми, які необхідно враховувати. Важливо налаштувати мережеві параметри Wi-Fi або Ethernet, щоб Raspberry Pi мало з'єднання з Інтернетом. Неправильні налаштування можуть перешкоджати встановленню з'єднання.

Наступним етапом буде налаштування протоколу віддаленого доступу, який дозволить отримувати доступ до Raspberry Pi. Важливо правильно сконфігурувати правила доступу, паролі та інші параметри, щоб забезпечити безпеку віддаленого з'єднання. Невірна конфігурація може відкрити інфраструктуру для потенційних атак, що є не унікальним явищем у сучасній мережі Інтернет (під час моніторингу за системою, спостерігались декілька спроб атакувати та експлуатувати можливі вразливості системи, проте це було передбачено на моменті побудови архітектури, тому жодної шкоди завдано не було).

Також слід враховувати можливі проблеми, пов'язані з брандмауером та маршрутизатором. Якщо списки доступу блокують певні порти або вхідні підключення, віддалений доступ може бути неможливим, тому це необхідно враховувати на моменті постановки архітектури.

Для встановлення віддаленого з'єднання необхідно також знати публічну IP-адресу Raspberry Pi. Проте у деяких випадках провайдери Інтернету можуть

надавати динамічні IP-адреси або навіть приватні адреси, що може створити додаткові труднощі.

Загалом, безпека є ключовим аспектом при налаштуванні віддаленого доступу до Raspberry Pi. Важливо забезпечити правильну конфігурацію параметрів, використовувати паролі коректної довжини, що відповідають міжнародним стандартам, також варто розглянути можливості використання публічної IP-адреси ну і, звісно, потрібно коректно налаштувати списки доступу(брандмауер). Все це допоможе уникнути потенційних загроз безпеці й забезпечить стабільне та безпечне віддалене з'єднання з Raspberry Pi. Варто зазначити, що важливим аспектом є резервне копіювання й оновлення системи на постійній основі, щоб уникнути експлуатації вразливостей 1-дня (first day exploit).

Віддалений доступ до мікрокомп'ютера Raspberry Pi 4 є необхідністю щодо ефективного використання контролера в нашому проєкті. На даному етапі розглядаються різні методи віддаленого доступу, які забезпечують різний рівень контролю та функціональності.

Протоколи віддаленого доступу - це спеціальні протоколи, що дають змогу користувачам отримувати доступ до інших комп'ютерів, пристроїв через мережу.

Необхідно проаналізувати загальноприйняті рішення для того, щоб мати можливість обрати найбільш оптимальний спосіб.

Розпочати варто із SSH (Secure Shell). Цей протокол є найпоширенішим для віддаленого доступу до Raspberry Pi, тому що дозволяє безпечно виконувати команди через командний рядок. SSH забезпечує шифруванню даних, що передаються між клієнтом і сервером. Це робить його безпечним для використання. Детальніше про SSH описано у стандарті [20].

SSH є дуже ефективним з точки зору використання системних ресурсів. Використання командного рядка не вимагає великої кількості ресурсів, що робить його ідеальним для віддаленого доступу до малопотужних пристроїв, а саме Raspberry Pi. Це важливо там, де ресурси обмежені, й кожен мегабайт оперативної пам'яті й обчислювальної потужності має значення.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 29
Зм.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

SSH пропонує гнучкі методи аутентифікації, включаючи паролі, ключі, сертифікати. Це допомагає вибрати найкращий метод для подальшого використання, забезпечує високий рівень безпеки. Аутентифікація за допомогою ключа є зручною й безпечною, оскільки вона усуває потребу у введенні паролів при кожному з'єднанні.

Попередньо згаданий протокол є потужним інструментом для автоматизації й виконання скриптів. Це дозволяє автоматизувати різні завдання, виконувати скрипти, керувати системою без необхідності безпосереднього втручання. SSH стає незамінним інструментом управління серверами й іншими системами на базі Linux, включаючи Raspberry Pi.

Проте SSH має деякі недоліки. Один з них – це відсутність графічного інтерфейсу, що є критичним при роботі з графічними інтерфейсами.

Необхідно зазначити, що для нашого технічного завдання є значна потреба в використанні графічного інтерфейсу, тому незважаючи на те, що інші параметри нам ідеально підходили б, відсутність графічного інтерфейсу буде важливим критерієм, тому використання SSH не є оптимальним рішенням.

Одна із можливих опцій - це Remote Desktop Protocol (RDP). Дозволяє віддалено підключатися до Raspberry Pi, використовує протокол віддаленого робочого столу. RDP забезпечує доступ до повного графічного інтерфейсу робочого столу.

Хоча RDP зазвичай асоціюється з операційними системами Windows, його також можна ефективно інтегрувати в Linux-based системах, включаючи Raspberry Pi.

RDP був розроблений корпорацією Microsoft для забезпечення доступу до віддалених комп'ютерів через графічний інтерфейс. Для Linux-систем існують кілька програмних реалізацій цього протоколу, таких як xrdp, вони дозволяють встановлювати RDP-сервер на Linux-машині. RDP надає повний графічний інтерфейс користувача, робить віддалену роботу зручнішою, особливо для тих, хто звик працювати з графічними оболонками.

Користувачі можуть підключатися до Linux-систем з використанням стандартного клієнта Windows Remote Desktop, завдяки підтримці RDP, що забезпечує зручний спосіб керування, без необхідності встановлення стороннього інструментарію.

Також RDP дозволяє створювати та керувати кількома сеансами віддаленого робочого столу одночасно, що є корисним для серверів та мультикористувацьких середовищ.

В свою чергу протокол забезпечує високу ефективність передачі даних, що дозволяє працювати навіть в умовах низької пропускну здатності мережі.

Для використання RDP на Raspberry Pi необхідно встановити та налаштувати відповідний сервер RDP, наприклад, xrdp. Цей сервер забезпечує сумісність з RDP-клієнтами та дозволяє підключатися до робочого столу Raspberry Pi з будь-якого пристрою, що підтримує RDP.

Один з основних недоліків RDP у Linux-середовищах – це необхідність додаткового налаштування й можливі проблеми з сумісністю з деякими специфічними конфігураціями. Крім того, продуктивність RDP може бути нижчою порівняно з іншими методами віддаленого доступу, такими як VNC, SSH, залежно від налаштувань, умов мережі.

У загальному контексті використання RDP для віддаленого доступу до Raspberry Pi 4 забезпечує зручний графічний інтерфейс, сумісний з широким спектром клієнтів, є ефективним інструментом для технічних завдань, які потребують доступу до робочого столу пристрою. Це робить RDP придатним вибором нашого завдання.

Однією із можливих опцій є веб-орієнтовані рішення. Вони дозволяють керувати Raspberry Pi через веб-браузер, що забезпечує доступ до різних функцій системи. Прикладом рішення є Webmin, який надає веб-інтерфейс для адміністрування системи. Це дозволяє керувати системою з будь-якого пристрою, яка має веб-браузер, забезпечуючи зручність використання.

Альтернативним варіантом є TeamViewer. Дозволяє здійснювати віддалений доступ через захищене з'єднання, надаючи графічний інтерфейс користувача. Метод є зручним для користувачів, які потребують простого у використанні інструменту для віддаленого доступу. TeamViewer забезпечує високий рівень безпеки, дозволяє здійснювати доступ до системи з будь-якого пристрою із встановленим клієнтом TeamViewer.

Можливість встановлення на Raspberry Pi доступна, але рішення не є оптимальним, оскільки додаток є залежним від програмного забезпечення третьої сторони. Також деякі функції потребують окремої оплати. Тому згідно нашому технічному завданню, потрібно обирати рішення більш доступне та гнучке.

Кожен із розглянутих методів віддаленого доступу до Raspberry Pi 4 має свої переваги і недоліки, що робить їх придатними для різних сценаріїв використання. Тому вибір необхідного нам протоколу буде здійснено на наступному етапі проектування. Керуючись документацією розробників протоколу, джерело [21], діаграма зображена на рисунку 2.3.

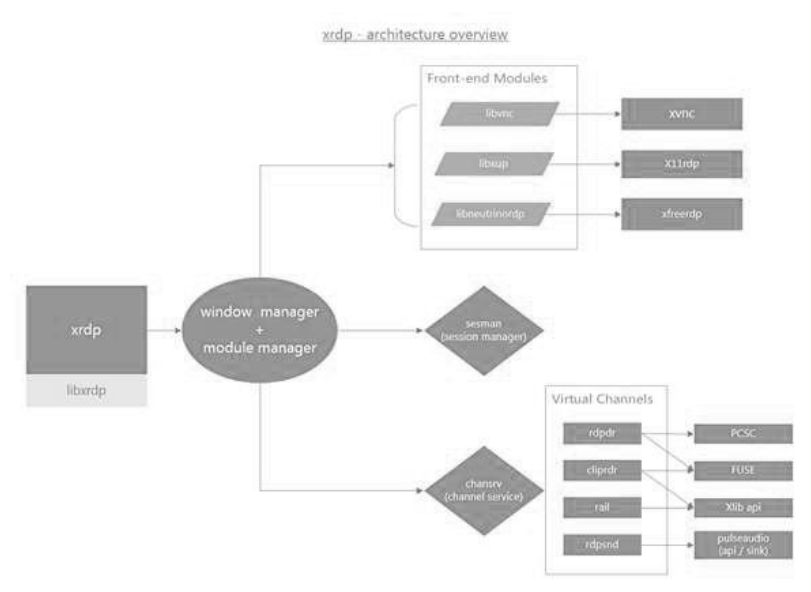


Рисунок 2.2 – Діаграма роботи RDP рішень під керуванням ОС Debian(зокрема XRDP), керуючись даними розробника)

## 2.4 Обґрунтування використання рішень тунелювання(VPN – Virtual private network)

Використання рішення тунелювання в контексті з RDP виявляється важливим з кількох причин.

Коли працюємо із віддаленими комп'ютерами, серверами за межами локальної мережі, безпека й приватність даних стають критичними аспектами. Тунелювання стає ефективним рішенням.

Воно забезпечує зашифроване з'єднання між віддаленим користувачем і сервером RDP. Це означає, що якщо дані передаються через неприватну мережу, вони залишаються захищеними від небажаних перехоплення, читання зловмисниками. Однією з переваг є те, що тунелювання може допомогти уникнути проблем з брандмауерами або фільтрацією трафіку.

Варто відзначити, що тунелювання допомагає ізолювати RDP-сервер від зовнішньої мережі, зменшуючи його вразливість до мережеских атак або небажаних підключень.

Отже, застосування рішень тунелювання з RDP доповнюється як засіб забезпечення безпеки та конфіденційності, так і засіб обходу обмежень у мережевому середовищі, що робить його корисним інструментом для віддаленого доступу до комп'ютерів і серверів.

OpenVPN відомий також своєю гнучкістю й рівнем масштабування. Він забезпечує широкий спектр конфігурацій і можливостей налаштування, робить його відмінним вибором для гнучкого налаштування, залежно від потреб. Переваги й недоліки протоколу описані у роботі [22].

Щодо безпеки, OpenVPN використовує протокол SSL/TLS для шифрування трафіку, що забезпечує високий рівень захисту даних під час передачі через мережу. Це може бути критичним фактором для підвищення рівня безпеки передачі даних. Таким чином необхідна архітектура зображена на рисунку 2.3.

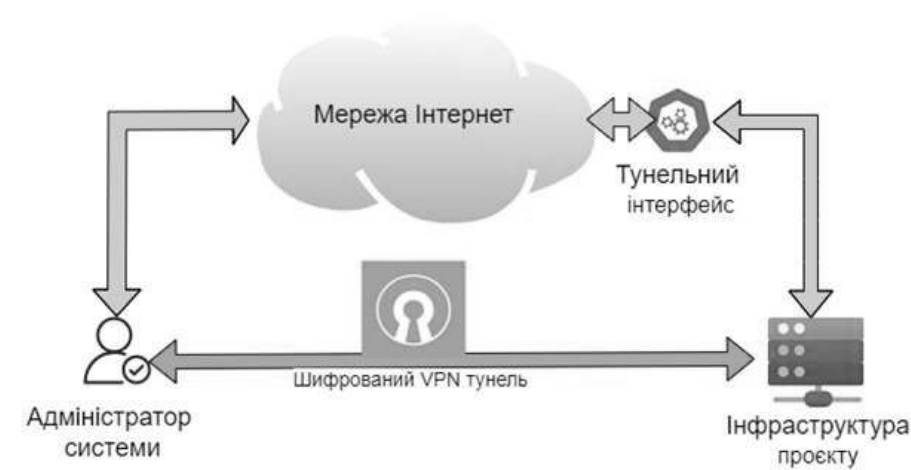


Рисунок 2.3 – Архітектура комунікації між клієнтом та сервером(враховуючи зв'язку RDP-OPENVPN)

## 2.5 Безпека системи, парадигма Автентифікації, Авторизаці, Облікування

Акцент уваги на безпеці є надзвичайно важливий у створенні виробів Інтернету речей (IoT), зокрема стенду аналізу повітря, що керується на Raspberry Pi. Подібні системи часто з'єднуються з іншими частинами інфраструктури та мережами, що робить їх потенційними точками входу для кібератак. Якщо безпека цих пристроїв не забезпечена належним чином, зловмисники можуть отримати доступ до конфіденційної інформації або навіть викликати збої в роботі критичних систем.

Датчики аналізу повітря збирають та передають важливі екологічні дані, вони можуть застосовуватись для прийняття рішень щодо здоров'я і безпеки людей. Маніпуляції або неправдиві дані можуть призвести до неправильних висновків і дій, можуть мати серйозні наслідки для громадської безпеки й здоров'я.

Raspberry Pi є популярною платформою для створення прототипів і впровадження IoT рішень. Відкритість, доступність роблять її вразливою до різних типів атак, включаючи фізичні атаки, атаки на мережевому рівні. Тому забезпечення безпеки на кожному з цих рівнів є критично важливим для запобігання компрометації системи.

Кількість підключених пристроїв збільшує масштаб потенційних ризиків. Кожен незахищений, не коректно захищений пристрій може стати частиною ботнету, який використовуватиметься для масових кібератак. Таким чином, будуючи прототип, варто акцентувати увагу на безпеці, так як ігнорування факторів ризику, фокусування суто на реалізації, може стати причиною компрометації системи або навіть адміністраторських пристроїв.

На даному етапі добре підходить парадигма “потрійного А (Authentication, Authorization, and Accounting)” – Автентифікація, Авторизація, Облікування. Дана парадигма є ключовою для міжнародних стандартів безпеки, це зазначено у джерелі [23].

Парадигма потрійного "А" (Автентифікація, Авторизація, Облік) реалізується в комп'ютерних системах як ключовий компонент забезпечення безпеки й управління доступом. Кожен із цих аспектів відіграє свою роль у захисті даних, ресурсів.

Автентифікація - це процес підтвердження особи, сутності, що намагається отримати доступ до системи. Вона зазвичай реалізується через такі методи: паролі, двофакторна автентифікація, сертифікати. Наприклад, користувач може ввести логін і пароль, підтвердити особу криптографічним сертифікатом.

Авторизація - це процес визначення рівня доступу, який має автентифікована особа до ресурсів системи. Після успішної автентифікації система розмежовує доступ, за допомогою правил і політик доступу.

Облік - це процес запису і моніторингу дій користувачів та інших сутностей у системі. Облік передбачає ведення журналів активності, які фіксують хто, коли і що робив у системі. Ці журнали можуть містити інформацію про спроби входу в систему, доступ до ресурсів, зміну конфігурацій та інші дії. Облік дозволяє виявляти підозрілі дії, аналізувати інциденти безпеки та забезпечувати відповідність нормативним вимогам.

Як опцію для вдосконалення можна реалізувати централізований сервер для збору записів логування інфраструктури, зокрема записи щодо доступу, проте це

має місце і необхідно саме на етапі продуктового використання, на етапі розробки в цьому особливої необхідності немає.

На даному етапі ми лише оцінюємо те, що має бути реалізовано для того, щоб система вважалась безпечною і відповідала вимогам технічного завдання. Безпосередня практична реалізація буде описана у наступному розділі.

## 2.6 Вимоги до облікових даних, збереження, ротація паролів

Правильне зберігання, обмін та зміна облікових даних є необхідним кроком забезпечення безпеки в інформаційних системах. Для зберігання облікових даних необхідно використовувати менеджери паролів, які забезпечують шифрування даних і захищають їх від несанкціонованого доступу. Важливо, щоб паролі були унікальними, складними. Це мінімізує ризик компрометації. Щодо балансування між зручністю й необхідністю, то чималий вплив відіграє джерело [24].

Менеджери паролів можуть генерувати та зберігати складні паролі, забезпечуючи їх безпечне використання.

Якщо необхідно поділитись обліковими даними, то слід використовувати захищені канали зв'язку, такі як зашифровані повідомлення або спеціалізовані сервіси для безпечного обміну паролями. Необхідно уникати передачі паролів через незахищені, публічні канали, наприклад, через електронну пошту, месенджери без шифрування. Використання двокрокової автентифікації додає додатковий рівень безпеки навіть у випадку перехоплення пароля, доступ до облікового запису залишиться заблокованим без другого фактора автентифікації (в нашому випадку, підвищення безпеки відбувається за допомогою зв'язки – публічної IP адреси, користувачького ім'я і паролю, а також криптографічного самопідписного сертифікату, зазначено у роботі [25], всі ці дані є необхідні для віддаленого доступу до інфраструктури.

Зміна облікових даних має здійснюватися регулярно і в разі підозри на компрометацію. Процес зміни паролів повинен бути простим, але захищеним, щоб уникнути ситуацій, коли ротація паролю відкладається через складність процесу.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Важливо також використовувати різні паролі для різних систем та облікових записів, щоб у разі компрометації одного пароля інші залишалися захищеними.

Усі ці заходи спрямовані на забезпечення того, щоб облікові дані залишалися конфіденційними і доступними лише для авторизованих користувачів, мінімізуючи ризики витоку інформації та несанкціонованого доступу.

У нашому випадку чудовим рішенням є зв'язка менеджерів паролів KeePass та Bitwarden для того, щоб безпечно ділитись обліковими даними, аналіз менеджерів паролів зазначений у джерелі [26]. В свою чергу, оскільки наш маршрутизатор є точкою входу, то для збереження кореневого сертифікату та інших необхідних сертифікатів, використовуватиметься менеджер сертифікатів, що реалізований в операційній системі RouterOS.

2.7 Особливості платформи Raspberry Pi 4B, які варто враховувати при подальшому проектуванні. Поняття аналогових і цифрових входів

На етапі моделювання і виборі пристроїв для стенду, варто враховувати технічні складові обраної платформи та датчиків. Це допомагає уникнути додаткових труднощів на етапі проектування.

Проаналізувавши входи обраної платформи (Raspberry Pi 4B), що описані у ресурсі [27], було виявлено, що плата передбачає лише цифрові входи і при цьому не містить аналогових входів. Як зазначає технічна документація від виробника, то Raspberry Pi 4B не має аналогових входів в стандартному вигляді через те, що це цифровий мікрокомп'ютер, спроектований для різноманітних цифрових задач. Таке рішення є поширеним для сучасних комп'ютерів і мікроконтролерів.

Аналогові входи можуть вимагати додаткових аналого-цифрових перетворювачів (ADC), які не передбачені безпосередньо на платі Raspberry Pi, оскільки збільшиться вартість і складність самої плати.

Різниця між аналоговими й цифровими входами полягає у форматі сигналу, який вони приймають. Аналогові входи приймають неперервні сигнали, що можуть змінюватися в будь-якому діапазоні значень. Наприклад, аналоговий датчик може

бути приєднаний на аналоговий вхід контролера, який прийматиме неперервний сигнал.

Цифрові входи приймають лише два можливі стани - 0 (нуль) або 1 (одиниця). Наприклад, цифрові входи деяких інших датчиків передають сигнали контролеру у вигляді одиниць та нулів потоком.

Несумісність між ними полягає у форматі сигналу. Аналоговий сигнал потребує спеціального обладнання для перетворення його у цифровий формат, для подальшої обробки цифровими системами, такими як комп'ютери або мікроконтролери. Цей перетворювач називається аналого-цифровим перетворювачем (ADC). На виході аналого-цифрового перетворювача ми отримуємо цифрове представлення аналогового сигналу, яке можна подати на цифровий вхід пристрою.

Оскільки деякі із попередньо обраних датчиків передають дані у вигляді аналогового сигналу, то з'являється потреба у пошуку рішення для подальшої конвертації такого сигналу в цифровий, який міг би бути опрацьованим, за допомогою Raspberry Pi 4B. Графіки аналогового і цифрового сигналу наведені нижче на рис. 2.4, детальний опис був визначений на основі інформації поданої в джерелі [28].

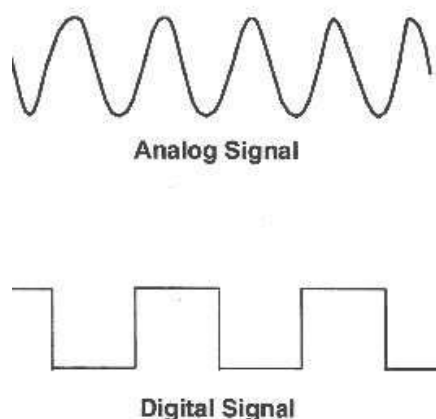


Рисунок 2.4 – Схематичний графік аналогового й цифрового сигналів(відповідно)

Оцінивши можливі варіанти, що задовольняють нашу поставлену задачу, а також проаналізувавши способи конвертації сигналу з аналогового в цифровий, для цієї функції було обрано Raspberry Pi Pico.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Raspberry Pi Pico - це мікроконтролер, розроблений компанією Raspberry Pi Foundation. Він представляє собою невеликий, потужний, доступний мікроконтролер, який має широкий спектр застосування у вбудованих системах, прототипуванні й розвитку продуктів.

Pico використовує мікроконтролер RP2040, він має двоядерний ARM Cortex-M0+ процесор з тактовою частотою до 133 МГц. Це забезпечує достатню потужність для багатьох завдань вбудованих систем.

Raspberry Pi Pico має широкий набір GPIO портів, які можна програмувати для зчитування введення та керування виведенням різних сигналів, в тому числі аналогових. Підтримка різних інтерфейсів: Pico підтримує різні інтерфейси, такі як SPI, I2C, UART, які роблять його сумісним з різними пристроями та датчиками.

Таким чином, для датчиків, що потребують аналогового виводу, як контролер варто застосовувати Raspberry Pi Pico, поєднавши його із нашим основним контролером Raspberry Pi 4B, отримавши на виході цифровий сигнал значень знятих із датчика. Взаємодію можливо реалізувати за допомогою мови програмування контролерів – MicroPython, зазначено у джерелі [29].

Звісно, для даної функції можливо використати і інші конвертори сигналу, однак рішення обрати Raspberry Pi обумовлене ще врахуванням можливості масштабування і подальших модифікацій стенду. Оскільки мікроконтролер може бути використаний не лише для функцій конвертації сигналу, а і для ряду інших спрямувань, приміром для попередньої обробки даних або для побудови інтерфейсу прямого керування датчиком, за допомогою кнопок та інших засобів інтерактивної взаємодії.

## 2.8 Архітектура стенду для моніторингу якості повітря

Побудова попереднього вигляду архітектури системи є потрібним і відповідальним етапом при проектуванні. В першу чергу, цей процес дозволяє

визначити основні компоненти та зв'язки між ними, що є основою для подальшого розвитку системи.

Такий підхід дозволяє також ідентифікувати потенційні проблеми та ризики, що можуть виникнути в процесі реалізації або експлуатації системи. Крім того, попередній вигляд архітектури - це чудовий спосіб досягнути загального бачення структури проєкту, допомагаючи узгодити загальне бачення проєкту та досягти консенсусу між частинами, які розробляються різними учасниками команди, але при цьому мають працювати як єдина система.

Також цей етап дозволяє ефективно планувати подальші кроки у розробці та встановленні системи, що зменшує ймовірність виникнення зайвих витрат часу і ресурсів, корисні рекомендації були зазначені у джерелі [30]. Проаналізувавши та врахувавши всі попередньо зазначені пункти, створимо попередній вигляд архітектури, який зображений на рисунку 2.5.

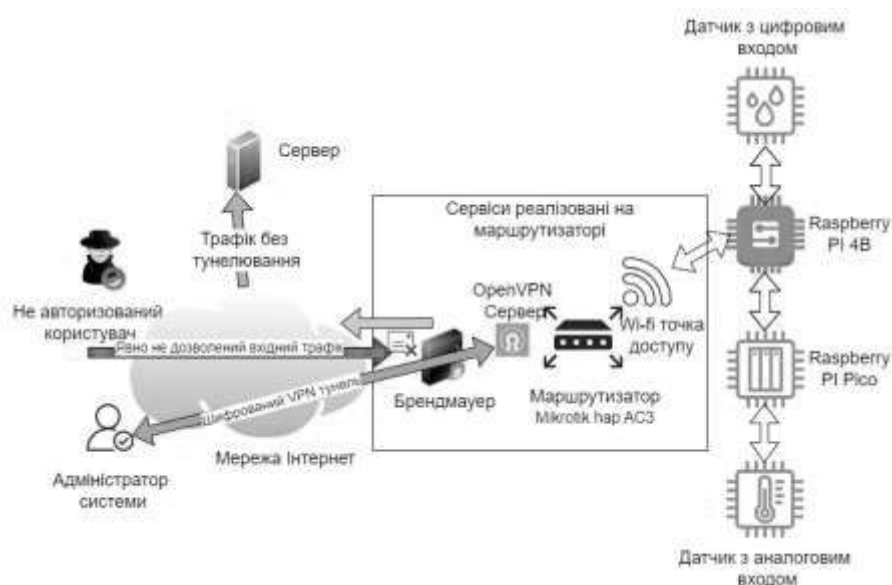


Рисунок 2.5 – Схематичний вигляд архітектури стенду для аналізу якості повітря, враховуючи потреби у віддаленому доступі та налаштуванні мережевої комунікації

## 2.9 Висновки

У межах розділу 2 було розглянуто ряд можливих технічних рішень та проведене попереднє проектування. Попереднє проектування архітектури системи для моніторингу якості повітря є надзвичайно важливим з кількох вагомих причин. Цей етап дозволяє визначити оптимальну структуру системи, яка забезпечить її ефективну роботу та можливість масштабування в майбутньому. Ретельно спланована архітектура допомагає зрозуміти, як різні компоненти системи взаємодіятимуть між собою. Це мінімізує ризик виникнення проблем на стадії впровадження.

Також попереднє проектування дає змогу ідентифікувати потенційні технічні виклики й знайти шляхи вирішення до початку реалізації проєкту. Це дозволяє уникнути непередбачених проблем, збоїв, які можуть виникнути під час розробки й експлуатації системи, знижуючи загальні ризики.

Важливим аспектом є розгляд можливих технічних рішень щодо їх реалізації. Це допомагає оцінити різні підходи, вибрати ті інструменти й технології, які найкраще відповідають вимогам проєкту. Такий підхід забезпечує високу надійність і продуктивність системи, тому що всі компоненти обираються з урахуванням їхньої сумісності й ефективності.

Перегляд альтернативних технічних рішень сприяє оптимізації витрат і часу на розробку. Ретельний аналіз, планування дозволяють уникнути зайвих витрат, які пов'язані із заміною чи адаптацією невідповідних технологій на подальших стадіях проєкту. У результаті попереднє проектування архітектури забезпечує не тільки технічну, але й економічну ефективність системи для моніторингу якості повітря, створює міцну основу для успішного впровадження й довготривалої експлуатації.

					КвРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3 АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ СТЕНДУ, ПІДКЛЮЧЕННЯ ДАТЧИКІВ, НАЛАШТУВАННЯ ВІДДАЛЕНОГО ДОСТУПУ

### 3.1 Встановлення Raspberry Pi OS

Першим кроком є встановлення Raspberry Pi OS для основи стенду – Raspberry Pi 4, для початку з меню завантаження Raspberry Pi 4 оберемо необхідну версію для встановлення, та підключимо мережевий кабель.

Після чого вибраний образ операційної системи має завантажитись на накопичувач із репозиторіїв та має розпочатись автоматична процедура налаштування, базові початкові кроки є описані у джерелі [31].

Початкове меню зображене на рисунку 3.1:

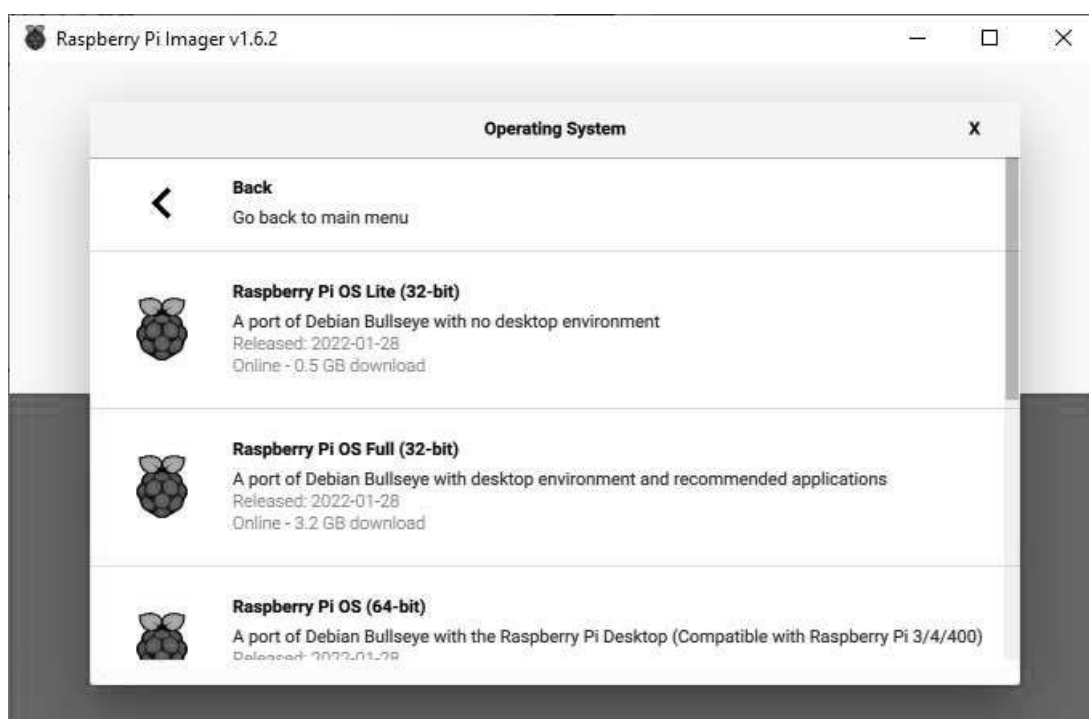


Рисунок 3.1 – Меню вибору операційної системи Raspberry

Після успішного встановлення операційної системи, завантажимось із основної файлової системи і перевіримо коректність версії і визначення USB інтерфесів, рисунок 3.2.

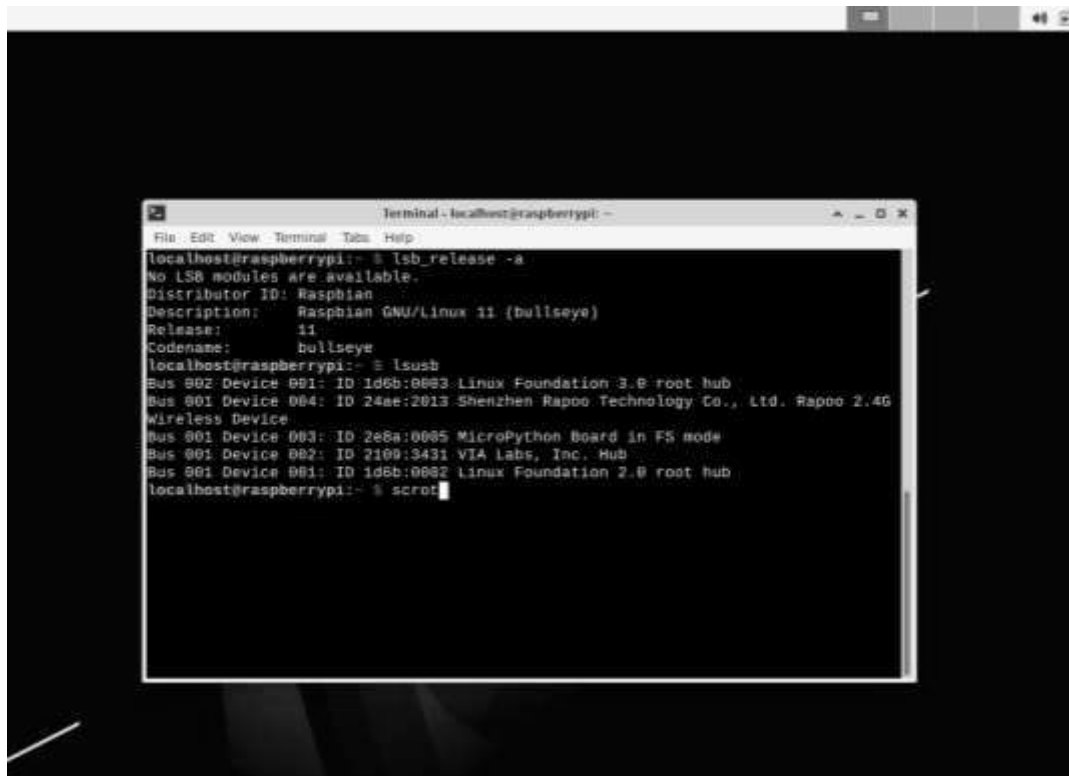


Рисунок 3.2 – Встановлена операційна система, перевірка інтерфейсів USB

Після чого вибраний образ операційної системи має завантажитись на накопичувач із репозиторіїв та має розпочатись автоматична процедура налаштування.

### 3.2 Вибір способів підключення датчиків, безпосереднє підключення датчиків у єдину систему

Основним завданням цього етапу є під'єднання провідників відповідного типу до датчиків, які були попередньо обрані для реалізації.

На даному етапі нам доступний ряд можливих з'єднань, кожен із типів має власні переваги і недоліки. Важливо передбачити необхідні типи провідників, щоб приєднати датчики до головної плати, задля уникнення проблем в подальшому. Також важливим аспектом можна вважати те, що в подальшому стенд має легко модифікуватись, а також мати можливість для подальших модифікацій.

Важливі аспекти даного етапу були оцінені з точки зору джерела [32].

Можливі способи приєднання:

1) штекерний – спосіб має власні переваги та недоліки, оскільки при використанні даного способу можуть виникати проблеми із обслуговуванням, а саме з часом штекер може зноситись;

2) безпроводний – з точки зору ергономіки, даний спосіб є найбільш оптимальний, незважаючи на це, основними проблемами є підвищене енергоспоживання, а також проблема сумісності. За замовчуванням більшість датчиків виміру низького цінового сегменту не передбачають можливості встановлення датчику Wi-fi або будь-якого іншого для передачі даних безпроводним способом. Тобто з'єднання датчиків у єдину систему безпроводним способом не є можливим або вимагає надмірних зусиль;

3) під'єднання за допомогою макетної плати – спосіб має переваги, так як дозволяє приєднувати чималу кількість датчиків та модулів, збираючи їх в єдину систему, варто зазначити, що таку систему легко модифікувати, достатньо перепідключити або додати необхідні модулі;

4) з'єднання пайкою – спосіб є більш стійким до зовнішніх впливів, однак разом із цим зменшує можливість модифікацій, переконфігурацій для виявлення проблем, а також вимагає додаткових навичків.

Проаналізувавши всі можливі способи, найбільш оптимальним для нашого технічного завдання є комбінований метод, а саме використання макетної плати та набору додаткових штекерів різного типу.

Щодо живлення, то для Raspberry Pi 4B передбачений стандартний адаптер живлення на 5V, 3A, з конектором типу Type C.

Для живлення контролеру Raspberry Pi Pico буде застосовуватись штатний роз'єм Micro USB, живлення 5V подаватиметься від інтерфейсу USB, Raspberry Pi 4B. Оскільки енергоспоживання модуля не є надто високим, то немає необхідності виділяти повністю індивідуальне живлення для Pico.

Варто зазначити ще одну особливість Raspberry Pi Pico – згідно із технічною документацією виробника, при недостатньому живленні, модуль втрачає продуктивність. Оскільки наш стенд не потребує надмірно високих ресурсів і на

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Pico реалізуються функції конвертора аналогово-цифрового сигналу, то для коректної роботи нам достатньо і 50% від повної продуктивності.

Подібні висновки є результатом оцінки графіку продуктивності Pico за певного рівня живлення, що зображений на рисунку 3.3. Так як основним контролером все ж є Raspberry Pi 4B, то основну увагу на живлення варто звертати саме тут.

Опис споживання енергії був досліджений у роботі [33].

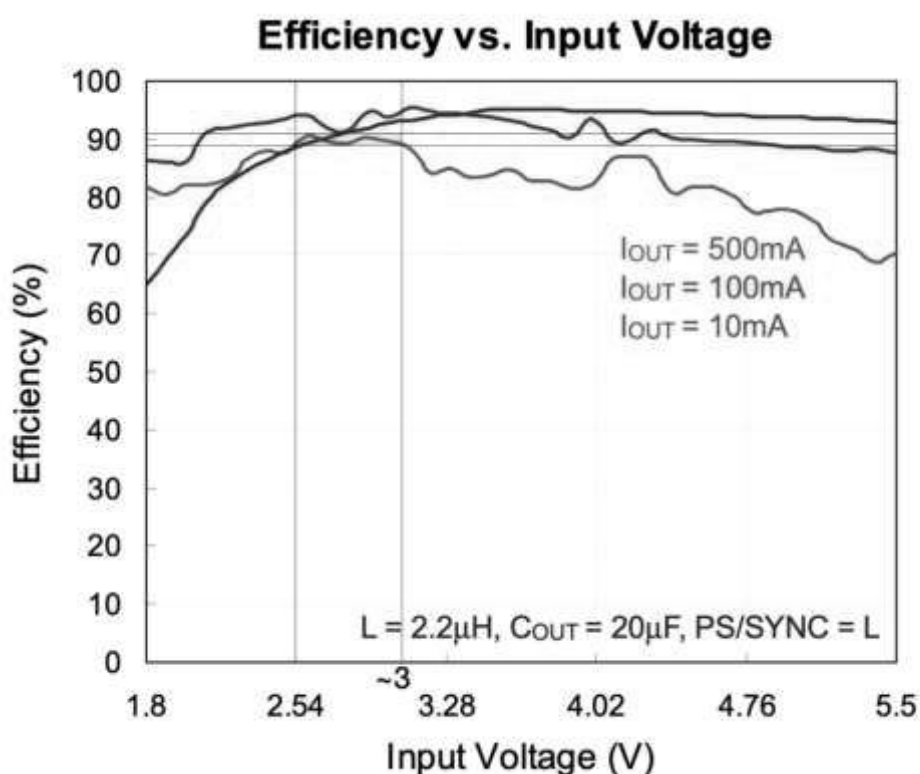


Рисунок 3.3 – Графік продуктивності контролера Raspberry Pi Pico у відповідності до живлення, що подається на нього

Подібні висновки є результатом оцінки графіку продуктивності Pico за певного рівня живлення, що зображений на рисунку 3.3. Так як основним контролером все ж є Raspberry Pi 4B, то основну увагу на живлення варто звертати саме тут.

Калібрування датчика VME680 необхідне для забезпечення його точної роботи, оскільки цей багатофункціональний сенсор вимірює температуру,

вологість, тиск і якість повітря. В процесі калібрування налаштовуються параметри, які дозволяють датчику правильно інтерпретувати навколишні умови. Без калібрування показники можуть бути неточними, що особливо важливо для додатків, де потрібна висока точність, наприклад, в системах клімат-контролю або при моніторингу якості повітря. Процедура калібрування може включати як апаратне, так і програмне налаштування.

Так чи інакше, варто обрати якісні провідники для з'єднання контролерів і датчиків на це є декілька причин, зокрема вплив на точність вимірювань. Якісні провідники мають кращу електропровідність, що мінімізує опір і втрати сигналу, забезпечуючи більш точну передачу даних. Також високоякісні провідники мають кращий захист від електромагнітних перешкод, які можуть викликати шуми і спотворення в сигналах, що призводить до похибок у вимірюваннях. Якісні матеріали провідників забезпечують більшу надійність і довговічність з'єднань, зменшуючи ризик механічних пошкоджень і корозії, що також може вплинути на стабільність і точність сигналів. Усі ці фактори разом допомагають мінімізувати похибки у вимірюваннях, забезпечуючи більш надійні та точні результати роботи системи. Детальне порівняння провідних і безпровідних способів зазначено у джерелі [34].

Щодо живлення, яке необхідно для датчиків, то для дачику пилу та датчику газів MQ-135 допускається живлення від 2.5V до 5V, оскільки обидва датчики видають дані у аналоговому форматі, то для живлення їх варто підключати до Pico за допомогою макетної плати. Проте, щоб в свою чергу Pico приєднати до макетної плати, потрібно підпаяти набір ніжок.

Рішення приєднання датчиків безпосередньо до Pico також обумовлюється тим, що необхідно зменшити похибку серед значень, що видають ці модулі.

Щодо ще одного модуля, який також застосовується для оцінки якості повітря, то він потребує живлення 5V та цифрового інтерфейсу виведення, тому для зручності керування було вирішено приєднати його саме до "центрального" контролера нашої системи.

Під час виконання підключень необхідно проводити роботи при повністю вимкненому обладнанню, звіряючи розпінування – це необхідно, щоб уникнути пошкодження датчиків або контролерів. Також необхідно невідхильно слідувати рекомендаціями виробників датчиків.

Таблиці з выводами до дачиків наведені нижче у таблицях 3.1 - 3.3 відповідно, розпінування взяті із джерел [35-37] відповідно.

Таблиця 3.1 – Схема підключення пінів для дачику пилу та Raspberry Pi Pico відповідно

Вихід(пін) на датчику пилу	Вихід(пін) на Raspberry Pi Pico	Опис
VCC	3.3V	Живлення, “+”
GMD	GND	Живлення, “-”
AOUT	GPIO 27	Вивід даних
ILED	GPIO 21	Керування світлодіодом

Таблиця 3.2 – Схема підключення пінів для дачику газу MQ-135 та Raspberry Pi Pico відповідно

Вихід(пін) на датчику MQ-135	Вихід(пін) на Raspberry Pi Pico	Опис
VCC	3.3V	Живлення, “+”
GMD	GND	Живлення, “-”
AOUT	GPIO 26	Аналоговий вивід
DOUT	GPIO 22	Цифровий вивід

Таблиця 3.3 – Схема підключення пінів для дачику BME-680 та Raspberry Pi 4B відповідно

Вихід(пін) на датчику BME-680	Вихід(пін) на Raspberry Pi 4B	Опис
VCC	3.3V	Живлення, “+”
GMD	GND	Живлення, “-”
SDA	SDA.1	Інформаційний вивід
SCL	SCL.1	Вивід синхронізації

Керуючись попередніми таблицями розпінувань та рекомендаціями виробника, розпочнемо поступово підключати датчики, розпінування Raspberry Pi Pico зображене на рисунку 3.4, розпінування зазначено у джерелі [38].

Передбачивши можливі труднощі, особливості та вимоги до підключення, підключивши датчики і обидва контролери, отримаємо тестовий стенд, що зображений на рисунку 3.5.

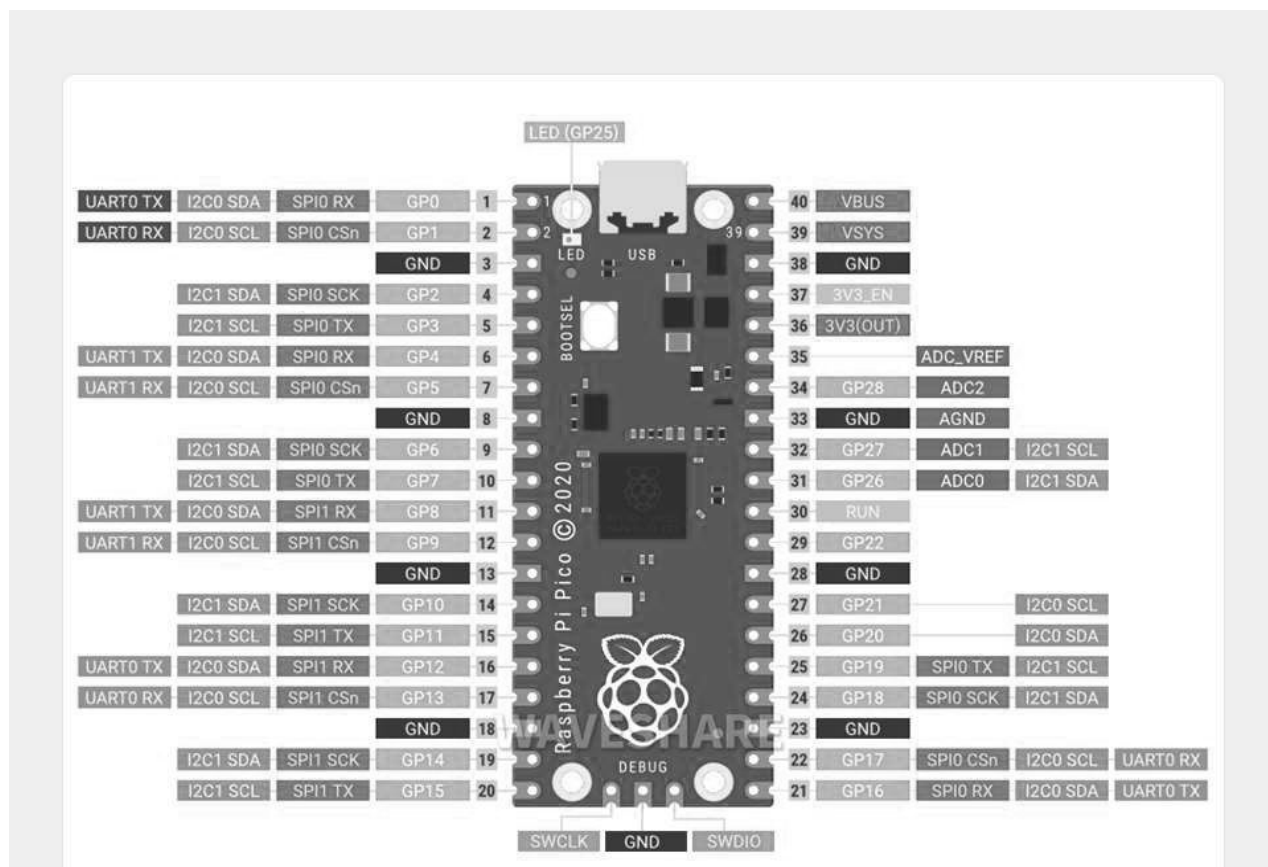


Рисунок 3.4 – Розпінування Raspberry Pi Pico

Тестовий стенд є важливим етапом при моделюванні загального повноцінно робочого стенду, оскільки це можливість перевірити функціональності на ранньому етапі.

Тестовий стенд дозволяє перевірити чи працює система відповідно до очікувань і відповідає вимогам функціональності. Це важливо для того, щоб впевнитися, що всі компоненти працюють належним чином та взаємодіють один з одним правильно.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

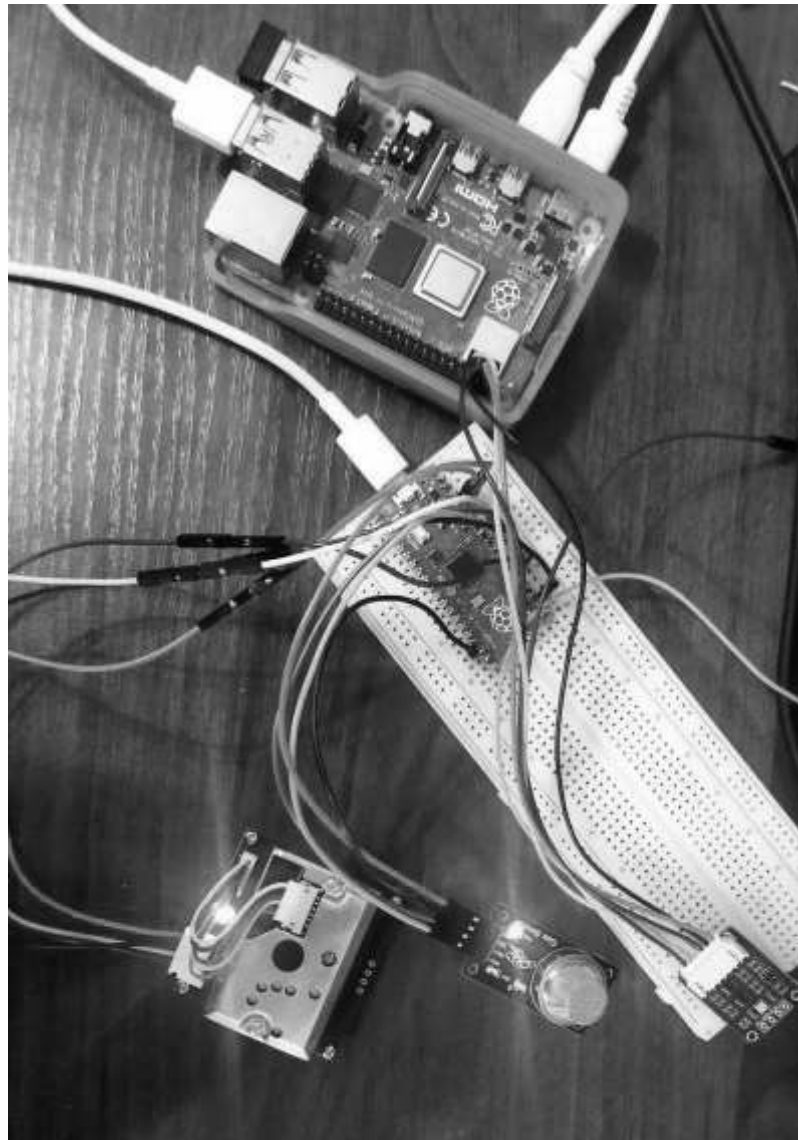


Рисунок 3.5 – Тестовий стенд із приєднаними модулями і контролерами

Це можливість для виявлення помилок та уточнення, очевидно, що на етапі ранньої розробки можуть виявлятися помилки або недоліки в дизайні або програмному забезпеченні. Це дозволяє вносити виправлення та удосконалення перед запуском повноцінного робочого стенду.

Тестовий стенд дозволяє проводити вимірювання та оцінювати продуктивність системи під час роботи в контрольованому середовищі.

Також в поточному стані, можна провести процеси валідації та верифікації системи, що включає перевірку та підтвердження, що система відповідає специфікаціям та вимогам, згідно технічному завданню.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таким чином також можна перевірити різні компоненти системи та їх взаємодії. Це важливо для того, щоб упевнитися, що всі частини працюють разом як очіувалося.

Також після зчитування даних варто спробувати їх на дисплей, це знано спрощує кроки контролю та моніторингу коректності значень, або у випадку очевидних помилок – отримувати відповідний код помилки.

Загалом, тестовий стенд дозволяє провести ретельну перевірку та оцінку системи перед тим, як вона буде впроваджена в реальному середовищі, що допомагає виявити та владнати помилки, на ранньому етапі побудови цілісної системи.

Варто зазначити, що даний етап є одним із ключових при побудові будь-якої подібної системи, незалежно від типу компонентів, модулів чи контролерів.

Тому розпочнемо валідацію після підключення модулів, виконаємо команду “lsusb”, вивід якої зображений на рисунку 3.6.

```
Bus 002 Device 001: ID 1d6b:0003 Linux Foundation 3.0 root hub
Bus 001 Device 003: ID 2e8a:0003 Raspberry Pi RP2 Boot
Bus 001 Device 002: ID 2109:3431 VIA Labs, Inc. Hub
Bus 001 Device 001: ID 1d6b:0002 Linux Foundation 2.0 root hub
```

Рисунок 3.6 – Вивід команди “lsusb” для перевірки того, чи коректно визначився мікроконтролер Raspberry Pi Pico

Як можна помітити, то пристрій з ідентифікаційним номером “003”, що підключений до шини “001” – це Raspberry Pi RP2(Pico), яка готова до завантаження, приймаючи інструкції для виконання, що є необхідним для датчиків.

Наступним кроком є валідація підключення датчика, що підключений напряму до Raspberry Pi 4B, а саме ВМЕ-680.

Для цього використаємо утиліту i2cdetect [39], утиліта i2cdetect є частиною пакету інструментів для роботи з шиною I2C на Linux-системах, відомого як i2c-tools. Ця утиліта використовується для виявлення пристроїв, підключених до шини



означає, що на цій адресі було знайдено пристрій, який відповів на запит. Відповідно можна зробити висновок, що датчик визначився і підключений коректно.

Використавши Python скрипт, можна перевірити чи зчитуються значення із датчика BME-680, запусимо скрипт, власне його вивід зображено на рисунку 3.8.

```
26.99 C, 985.38 hPa, 37.49 %RH
26.98 C, 985.39 hPa, 36.94 %RH, 77622.80169799879 Ohms
^C(dipl) localhost@raspberrypi:~/BME68X_Environmental_Sensor_code/Raspber
read-all.py - Displays temperature, pressure, humidity, and gas.

Press Ctrl+C to exit!

Calibration data:
par_gh1: -46
par_gh2: -10551
par_gh3: 16
par_h1: 711
par_h2: 1023
par_h3: 0
par_h4: 45
par_h5: 20
par_h6: 120
par_h7: -100
par_p1: 35792
par_p10: 30
par_p2: -10362
par_p3: 86
par_p4: 7372
par_p5: -82
par_p6: 30
par_p7: 30
par_p8: -2348
par_p9: -2719
par_t1: 26185
par_t2: 26426
par_t3: 3
range_sw_err: 14
res_heat_range: 1
res_heat_val: 36
t_fine: 129980

Initial reading:
gas_index: 0
gas_resistance: 17598281.417830292
heat_stable: False
humidity: 33.087
meas_index: 0
pressure: 985.2
status: 32
temperature: 25.39

Polling:
25.39 C, 985.20 hPa, 33.09 %RH
25.41 C, 985.20 hPa, 33.07 %RH, 34206.30670781401 Ohms
25.47 C, 985.22 hPa, 33.00 %RH, 54689.16898098697 Ohms
25.53 C, 985.22 hPa, 33.00 %RH, 54689.16898098697 Ohms
25.58 C, 985.23 hPa, 32.91 %RH, 66649.31007550117 Ohms
25.62 C, 985.23 hPa, 32.82 %RH, 75161.47974163241 Ohms
25.65 C, 985.24 hPa, 32.71 %RH, 80706.17906683481 Ohms
25.67 C, 985.23 hPa, 32.64 %RH, 85134.68573328899 Ohms
25.69 C, 985.22 hPa, 32.57 %RH, 88397.799955555 Ohms
25.71 C, 985.22 hPa, 32.50 %RH, 91660.918181818 Ohms
```

Рисунок 3.8 – Запуск скрипта на зчитування значень із датчика, як крок валідації підключень

### 3.3 Налаштування RDP, віддаленого доступу та правил безпеки(фаєрволл)

Дійшовши до даного етапу, ми маємо під'єднаний стенд, готовий до подальших налаштувань, проте основною проблемою є те, що ніхто окрім адміністратора, який перебуває безпосередньо біля пристрою, не може проводити налаштування, окрім цього паралельне проведення робіт зі стендом – не можливе. В даному випадку нам потрібно реалізувати можливість віддаленого налаштування, при цьому враховуючи аспекти безпеки, короткий опис служби зазначений у джерелі [40].

Перший крок – встановимо службу RDP серверу, для цієї потреби нам відмінно підходить xrdp. Xrdp як сервер має кілька ключових переваг. По-перше, він дозволяє користувачам віддалено підключатися до Linux-системи з будь-якого пристрою, що підтримує протокол RDP (Remote Desktop Protocol), включаючи Windows, macOS, і мобільні платформи. Це забезпечує зручний і знайомий спосіб доступу до Linux-системи без необхідності встановлювати додаткове програмне забезпечення на клієнтському пристрої.

Xrdp інтегрується з існуючими середовищами робочого столу на Linux, такими як GNOME, KDE, Xfce, що дозволяє користувачам отримувати повноцінний досвід роботи з їх звичним робочим столом віддалено. Крім того, xrdp підтримує шифрування з'єднань, що забезпечує безпечну передачу даних між клієнтом і сервером.

Ще однією перевагою є те, що xrdp споживає відносно мало ресурсів і може працювати на різноманітних апаратних конфігураціях, від потужних серверів до мініатюрних одноплатних комп'ютерів, таких як Raspberry Pi. Це робить його гнучким рішенням для широкого спектра застосувань.

Після успішного встановлення необхідно налаштувати службу перед її запуском, змінена конфігурація подана на рисунку 3.9.

В даному випадку ми дозволяємо використовувати RDP користувачам, що мають облікові записи на пристрої, при кожній спробі автентифікації, користувача

проситиме ввести пароль. Після налаштування можемо запусити службу та додамо її в автозавантаження. Перевірка статусу роботи подана на рисунку 3.10.

```
andrii@raspberrypi: ~
File Edit Tabs Help
GNU nano 5.4 /etc/xrdp/xrdp.ini
; Startup command-line parameters for the display server are configured
; in sesman.ini. See and configure also sesman.ini.
[Xorg]
name=localhost
lib=libxup.so
username=ask
password=ask
ip=127.0.0.1
port=-1
code=20

[Xvnc]
name=Xvnc
lib=libvnc.so
username=ask
password=ask
ip=127.0.0.1
port=-1
```

Рисунок 3.9 – Зміна налаштувань сервісу xrdp

```
andrii@raspberrypi:~ $ sudo systemctl status xrdp.service
● xrdp.service - xrdp daemon
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/xrdp.service; enabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (running) since Sun 2024-05-26 21:39:15 EEST; 21min ago
     Docs: man:xrdp(8)
           man:xrdp.ini(5)
   Process: 6360 ExecStartPre=/bin/sh /usr/share/xrdp/socketsetup (code=exited, status=0/SUCCESS)
   Process: 6368 ExecStart=/usr/sbin/xrdp $XRDPOPTIONS (code=exited, status=0/SUCCESS)
   Main PID: 6369 (xrdp)
     Tasks: 2 (limit: 3933)
           CPU: 9.407s
   CGroup: /system.slice/xrdp.service
           └─6369 /usr/sbin/xrdp
             └─7771 /usr/sbin/xrdp

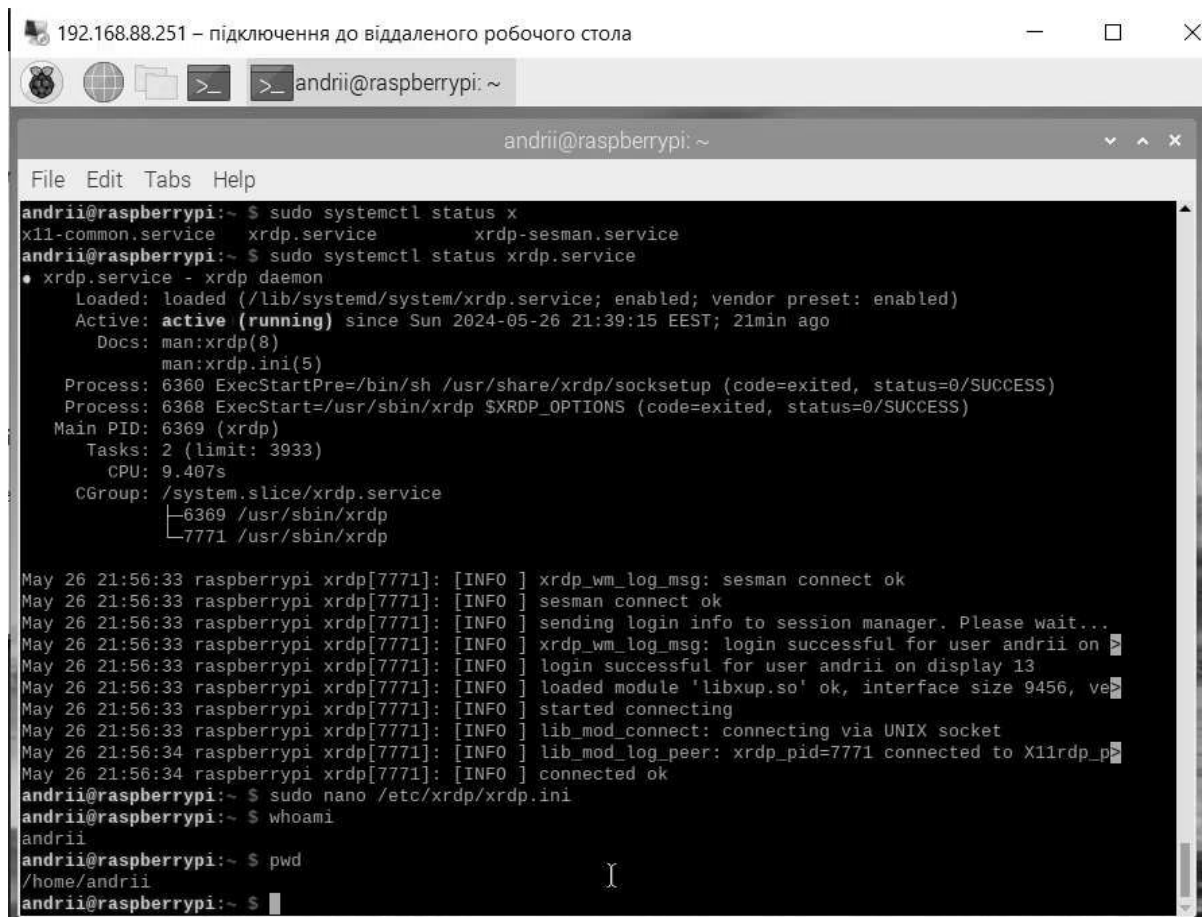
May 26 21:56:33 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] xrdp_wm_log_msg: sesman connect ok
May 26 21:56:33 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] sesman connect ok
May 26 21:56:33 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] sending login info to session manager. Please wait...
May 26 21:56:33 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] xrdp_wm_log_msg: login successful for user andrii on
May 26 21:56:33 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] login successful for user andrii on display 13
May 26 21:56:33 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] loaded module 'libxup.so' ok, interface size 9456, ve
May 26 21:56:33 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] started connecting
May 26 21:56:33 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] lib_mod_connect: connecting via UNIX socket
May 26 21:56:34 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] lib_mod_log_peer: xrdp_pid=7771 connected to X11rdp_p
May 26 21:56:34 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] connected ok
lines 1-24/24 (END)
```

Рисунок 3.10 – Перевірка статусу служби xrdp

На даному етапі варто звернути увагу на правила доступу до Raspberry Pi, досить часто стандартні налаштування утиліти iptables, яке реалізовує мережевий

фільтр на операційних системах Linux, блокують всі вхідні з'єднання, навіть із локальної мережі, в якій знаходиться пристрій. В нашому випадку була потреба додати правило на дозвіл вхідних з'єднань із локальної мережі до порту, на якому працює RDP : “ufw allow from 192.168.88.0/24 to any port 3389”.

Після цього можна спробувати перевірити підключення із будь-якого пристрою локальної мережі. Процес перевірки зображено на рисунку 3.11.



```
192.168.88.251 – підключення до віддаленого робочого стола
andrii@raspberrypi: ~
andrii@raspberrypi:~$ sudo systemctl status x
x11-common.service xrdp.service xrdp-sesman.service
andrii@raspberrypi:~$ sudo systemctl status xrdp.service
• xrdp.service - xrdp daemon
  Loaded: loaded (/lib/systemd/system/xrdp.service; enabled; vendor preset: enabled)
  Active: active (running) since Sun 2024-05-26 21:39:15 EEST; 21min ago
  Docs: man:xrdp(8)
        man:xrdp.ini(5)
  Process: 6360 ExecStartPre=/bin/sh /usr/share/xrdp/socksetup (code=exited, status=0/SUCCESS)
  Process: 6368 ExecStart=/usr/sbin/xrdp $XRDP_OPTIONS (code=exited, status=0/SUCCESS)
  Main PID: 6369 (xrdp)
  Tasks: 2 (limit: 3933)
  CPU: 9.407s
  CGroup: /system.slice/xrdp.service
          └─6369 /usr/sbin/xrdp
             └─7771 /usr/sbin/xrdp

May 26 21:56:33 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] xrdp_wm_log_msg: sesman connect ok
May 26 21:56:33 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] sesman connect ok
May 26 21:56:33 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] sending login info to session manager. Please wait...
May 26 21:56:33 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] xrdp_wm_log_msg: login successful for user andrii on
May 26 21:56:33 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] login successful for user andrii on display 13
May 26 21:56:33 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] loaded module 'libxup.so' ok, interface size 9456, ve
May 26 21:56:33 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] started connecting
May 26 21:56:33 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] lib_mod_connect: connecting via UNIX socket
May 26 21:56:34 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] lib_mod_log_peer: xrdp_pid=7771 connected to X11rdp_p
May 26 21:56:34 raspberrypi xrdp[7771]: [INFO ] connected ok
andrii@raspberrypi:~$ sudo nano /etc/xrdp/xrdp.ini
andrii@raspberrypi:~$ whoami
andrii
andrii@raspberrypi:~$ pwd
/home/andrii
andrii@raspberrypi:~$
```

Рисунок 3.11 – Перевірка приєднання до пристрою через протокол RDP

На даному етапі ми успішно приєднались до Raspberry Pi 4 за допомогою RDP, проте поки це лише із локальної мережі.

Наступний етап – налаштування OpenVPN сервера.

OpenVPN сервер у подібних проектах виконує кілька важливих функцій. По-перше, він забезпечує безпечний віддалений доступ до мережевих ресурсів через зашифроване з'єднання, що захищає дані від перехоплення і несанкціонованого доступу, зазначно у роботі [41].

По-друге, OpenVPN дозволяє створювати віртуальні приватні мережі (VPN), що об'єднують географічно розподілені мережеві ресурси в єдину захищену мережу. Це полегшує доступ до внутрішніх сервісів, файлів і баз даних для віддалених адміністраторів, незалежно від їх місцезнаходження, без потреби використовувати платні рішення, а також бути приєднаним до однієї локальної мережі.

Крім того, OpenVPN сервер сприяє підвищенню безпеки і конфіденційності підключень до інтернету, що є важливим у публічних або ненадійних мережах. В нашому випадку – пристрій може приєднуватись до загальнодоступних мереж, тому для того, щоб інформація передавалась в безпечному вигляді – є необхідність передавати її в шифрованому тунелі.

Загалом OpenVPN сервер є ключовим компонентом у проєктах, що потребують безпечного, надійного та гнучкого віддаленого доступу до мережевих ресурсів, забезпечуючи захист даних і покращуючи роботу з віддаленими командами та сервісами.

Дозволяти доступ до Raspberry Pi та його модулів напряму без маршрутизатора небезпечно з кількох важливих причин. Прямий доступ до Raspberry Pi робить його вразливим до кібератак. Без маршрутизатора, який діє як брандмауер, Raspberry Pi піддається безпосередньому впливу зловмисників з інтернету, що може призвести до несанкціонованого доступу, викрадення даних або навіть захоплення пристрою для використання в ботнетах чи інших злочинних цілях, опис можливих проблем безпеки зазначений у джерелі [42].

Також без маршрутизатора реалізувати механізми такі як Network Address Translation (NAT) є окремим викликом.

Маршрутизатори також часто мають вбудовані функції безпеки, такі як міжмережеві екрани (фаєрволи), системи виявлення вторгнень (IDS) та фільтри контенту [43 ], які допомагають виявляти та блокувати підозрілий трафік. Без цих засобів Raspberry Pi стає більш вразливим до різних типів атак, включаючи DoS (Denial of Service), сканування портів та інші види шкідливої діяльності.

Крім того, використання маршрутизатора дозволяє налаштувати віртуальні приватні мережі (VPN), що забезпечують безпечний віддалений доступ до Raspberry Pi. VPN шифрує весь трафік між клієнтом і сервером, захищаючи його від перехоплення і маніпуляцій.

Загалом маршрутизатор важливий рівень безпеки, який захищає Raspberry Pi від безпосередніх загроз з інтернету, забезпечуючи надійний захист даних і стабільну роботу системи.

Налаштування VPN тунелювання без публічної IP-адреси може стикатися з кількома значними труднощами. Однією з основних проблем є те, що без публічної IP-адреси серверу VPN важко бути доступним ззовні. Це означає, що клієнтські пристрої не зможуть напряду підключитися до VPN-сервера, оскільки вони не мають фіксованої точки входу в мережу.

Іншою проблемою є NAT (Network Address Translation), що часто використовується в локальних мережах для зменшення використання публічних IP-адрес. NAT перетворює приватні IP-адреси в публічні для вихідного трафіку, але створює труднощі для вхідних з'єднань, оскільки VPN-сервер зазвичай знаходиться за NAT і його не можна напряду досягти з інтернету.

Додатково динамічні IP-адреси, що змінюються при кожному підключенні до інтернету, створюють ще одну складність. Коли VPN-сервер використовує динамічну IP-адресу, клієнти не можуть стабільно підключатися до нього, оскільки адреса може змінюватися.

Для вирішення проблеми відсутності публічної IP адреси, скористаємось загальноприйнятою практикою проміжного сервера – “bastion або jump сервер”.

Проміжний сервер можна використовувати для вирішення проблеми комунікації з-за NAT наступним чином. Даний сервер виступає як посередник між зовнішньою мережею та внутрішніми пристроями, такими як Raspberry Pi, які знаходяться за NAT. Цей сервер зазвичай розміщується в демілітаризованій зоні (DMZ) мережі і має публічну IP-адресу, доступну з інтернету. Адміністратори підключаються до проміжного сервера через SSH або інші захищені протоколи і

вже з Bastion сервера встановлюють з'єднання з внутрішніми пристроями. Це дозволяє обійти обмеження NAT, оскільки віддалений сервер може спілкуватися з внутрішніми пристроями напряму. Таким чином, сервер забезпечує безпечний і контрольований доступ до пристроїв за NAT, зменшуючи ризики і складнощі, пов'язані з прямим доступом до внутрішніх мережевих ресурсів.

Також використання двох різних точок входу в мережу через окремі VPN сервери є значною перевагою архітектури з кількох причин. По-перше, це підвищує рівень безпеки, оскільки атака на одну точку входу не призведе до компрометації всієї системи. Кожен VPN сервер забезпечує окремий захищений канал, що ускладнює для зловмисників отримання доступу до даних, розподілених між різними точками входу.

Ще одна перевага - це збільшення надійності мережі. У випадку збою або проблем з одним із серверів, друга точка входу залишається доступною, забезпечуючи безперебійний доступ до ресурсів. Така архітектура також дозволяє розподілити навантаження між серверами, що покращує загальну продуктивність мережі та забезпечує більш рівномірний розподіл трафіку. Питання високої доступності були розглянуті у роботі [44].

Крім того, наявність кількох VPN серверів може забезпечити кращу географічну доступність, дозволяючи підключатися до найближчого сервера, що знижує затримки та підвищує швидкість з'єднання. Це також дозволяє уникнути обмежень, які можуть виникати через географічне розташування єдиного сервера, забезпечуючи більш гнучке та ефективне управління мережею.

В нашому випадку доцільно використати гібридну архітектуру ще із однієї причини, оскільки заздалегідь не відомо, чи буде можливість отримати публічну IP адресу. Гібридна архітектура дозволить нашій системі легко модифікуватись і бути ще більш відмовостійкою. Якщо маршрутизатору можливо видати публічну IP адресу, тоді віддалений доступ можна виконати безпосередньо через нього, проте у випадку, коли маршрутизатору доступна лише приватна IP адреса, то віддалений доступ відбуватиметься з допомогою проміжного сервера, для цього нам чудово

підходить сервер, що одночасно виконуватиме функції MQTT [45] та серверу для мобільного додатку. Після врахування можливих особливостей, внесемо правки в попередню діаграму, результат відображено на рисунку 3.12.

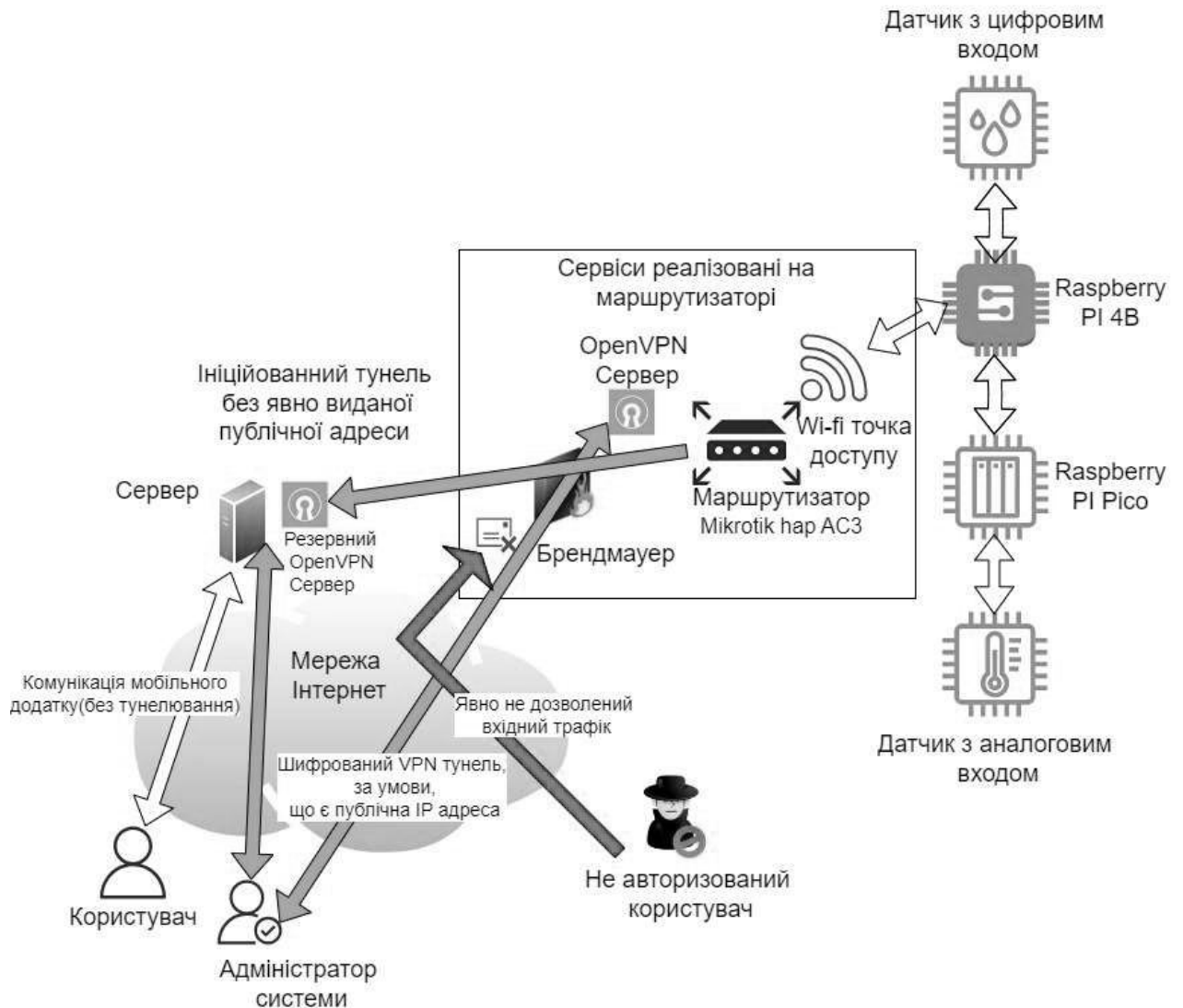


Рисунок 3.12 – Перебудована архітектура

Розпочнемо побудову, першим етапом є генерування PKI (Public Key Infrastructure) – інфраструктури, що базується на публічних криптографічних ключах та генерація кореневого сертифіката на маршрутизаторі. Для цього використаємо середовище керування обладнанням Mikrotik – WinBox.

Після чого одразу можна створити сертифікат OpenVPN серверу і провалідувати його кореневим криптографічним сертифікатом. Згенерований кореневий сертифікат зображено на рисунку 3.13.

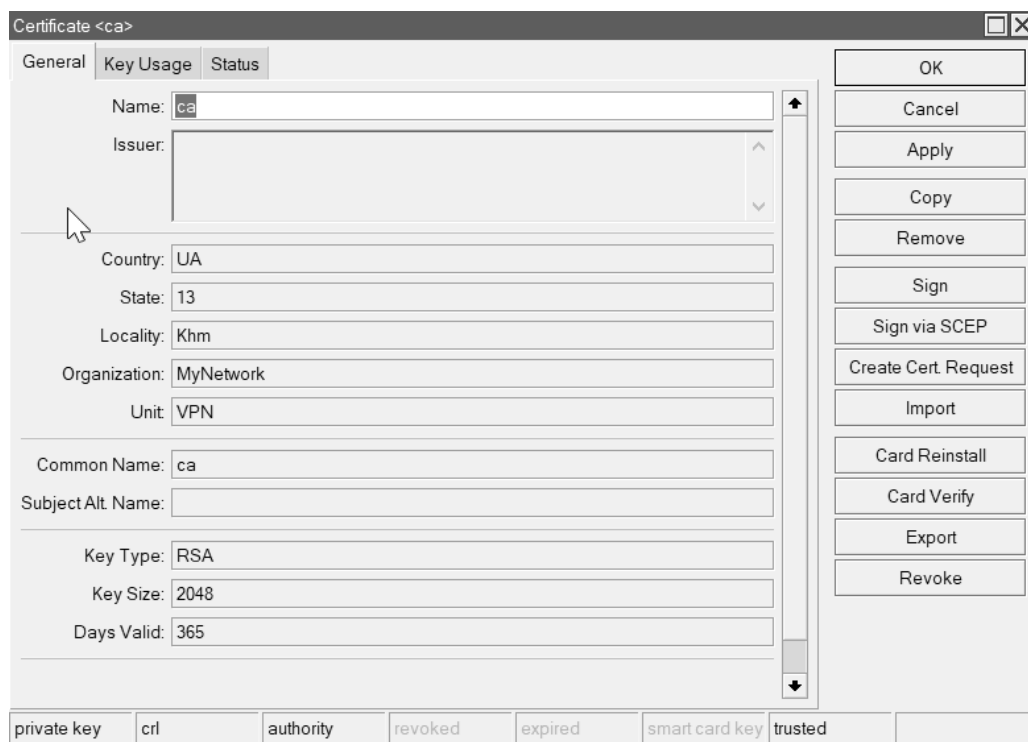


Рисунок 3.13 – Згенерований кореневий сертифікат

Наступний крок – генерація криптографічних ключів та облікових даних для кожного з адміністраторів обладнання, результат даного етапу зображений на рисунку 3.14 та 3.15 відповідно.

openvpn-m...	2048	200	no	ca	507bcaded57...
openvpn-sh...	2048	200	no	ca	5e5a0d3da99...
openvpn-vl...	2048	200	no	ca	1de0be7790e...
ovpn-server	2048	365	no	ca	9bcd00029b0...

Рисунок 3.14 – Згенеровані криптографічні ключі

Name	Password	Service	Caller ID	Profile
openvpn-vlad	*****	ovpn		openvpn
openvpn-shared	*****	ovpn		openvpn
openvpn-maks	*****	ovpn		openvpn

Рисунок 3.15 – Згенеровані облікові дані для адміністраторів

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Після всіх попередніх кроків нам потрібно здійснити налаштування самого серверу, вказавши всі необхідні параметри, а саме: порт, протокол, криптографічний сертифікат серверу, а також необхідно обрати коректні криптографічні налаштування, оскільки будь-який слабкий криптографічний сертифікат може стати причиною порушення цілісності системи. Обрані налаштування зображенні на рисунку 3.16.

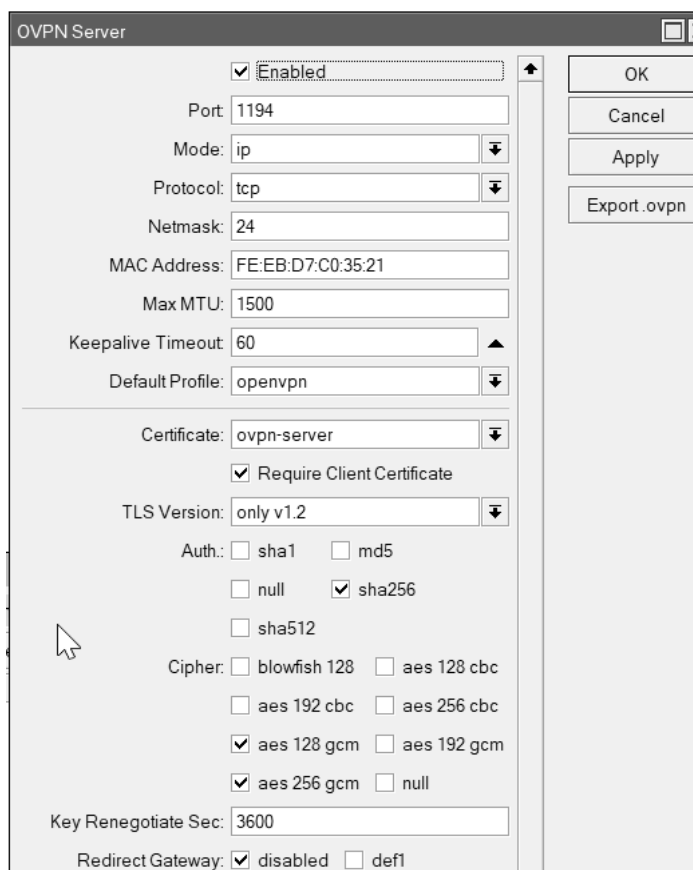


Рисунок 3.16 – Налаштування OpenVPN сервера

Окрім цього, потрібно налаштувати правила доступу, щоб дозволити мережевий трафік до стенду. Після чого можна згенерувати користувацький набір конфігурацій і розпочати тестування доступу через VPN сервер.

### 3.3 Тестування віддаленого доступу

На даному етапі, коли базові налаштування вже були виконані, всі необхідні особисті дані входу – згенеровані, можна перейти до етапу тестування. Для

перевірки спробуємо підключитись до попередньо створеного тунелювання, імпортувавши необхідний файл конфігурації. Результат відображено на рисунку 3.17.

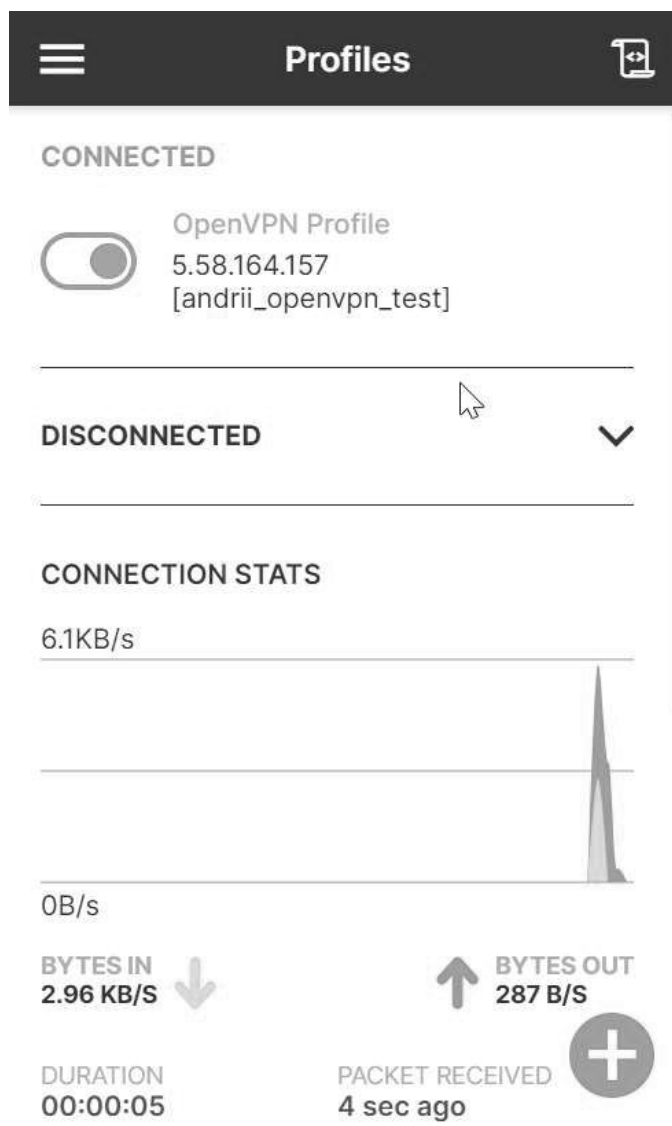


Рисунок 3.17 – Приєднання до інтерфейсу тунелювання(тестування віддаленого доступу)

Як можна побачити, під'єднання є успішним і на цьому етапі ми маємо доступ до віртуальної мережі, в якій знаходиться наш стенд моніторингу якості повітря. Після правки правил доступу на операційній системі Raspberry Pi, віддалений доступ через протокол RDP має стати доступним до приєднання, використовуючи звернення до приватних підмереж.



### 3.4 Підрахунок фінансової складової проєкту

Важливим етапом будь-якого проєкту є підрахунок фінансової складової та собівартості розробки, це дозволяє отримати чітке уявлення про загальні витрати на реалізацію та впровадження проєкту, що включає як початкові витрати на закупку компонентів, так і довгострокові експлуатаційні витрати.

Точний фінансовий аналіз дозволяє оцінити економічну ефективність проєкту. Це означає, що можна визначити, чи виправдані витрати на проєкт порівняно з очікуваними можливостями з точки зору функцій. Такий аналіз допомагає прийняти обґрунтовані рішення щодо доцільності впровадження проєкту та його можливого коригування для підвищення конкурентноспроможності.

Детальний фінансовий аналіз допомагає визначити пріоритети та оптимізувати витрати. Виявивши найбільш витратні елементи проєкту, можна розробити стратегії для їх оптимізації або пошуку більш економічних альтернатив, що підвищить загальну ефективність проєкту. Питання ефективності розглянуті у джерелі [46].

Для оцінки вартості компонентної бази системи моніторингу якості повітря потрібно зібрати актуальні ціни на всі необхідні компоненти. Почати варто із основи стенду - Raspberry Pi 4B в середньому коштує близько 3000 гривень, без допоміжних аксесуарів, приміром корпусу, блока живлення та накопичувача.

Допоміжний мікроконтролер Raspberry Pi Pico можна придбати за приблизно 250 гривень, в нашому випадку він використаний як конвертор аналогово-цифрового типу даних, проте це скоріше вклад у можливе масштабування проєкту.

Окрім самої платформи, звісно, потрібно придбати датчики які зчитуватимуть показники якості повітря та навколишнього середовища. Датчик MQ-135, який використовується для визначення якості повітря, коштує близько 150 гривень. Датчик ВМЕ-680, що вимірює температуру, вологість, тиск і якість повітря, має вартість приблизно 900-1000 гривень. Для аналізу кількості пилу в

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повітрі нам необхідний датчик Waveshare Dust Sensor, який можна придбати за ціною близько 500 гривень. Для виведення значень тестування застосовується LCD дисплей – вартість 150 гривень.

Окремо варто врахувати макетну плату, яка необхідна для підключення компонентів та вартість провідників, це орієнтовно 150-200 гривень.

Щодо мережевого пристрою у вигляді маршрутизатора, то врахуємо, що даний пристрій немає необхідності використовувати саме конкретного типу, тому вартість може значно варіюватись.

Таким чином, загальна вартість компонентів складає орієнтовно 5150 гривень за увесь стенд. Ця оцінка базується на середніх ринкових цінах і може варіюватися залежно від постачальника та поточних ринкових умов, однак вона дає загальне розуміння про необхідний бюджет для придбання компонентів для системи моніторингу якості повітря.

Тим не менш, якщо порівнювати собівартість стенду, із стендами конкурентів, то вартість є значно нижчою при тому ж наборі можливостей зчитування даних. Тому рішення є доволі конкурентноспроможним.

Ще одним важливою деталлю є те, що при покупці деталей для масового виробництва вартість ще значно знизиться. Стенд може бути побудований і на модифікованій елементній базі, в тому числі з метою ще більшого здешевлення виробу, можливості гнучкості описані у джерелі [47].

Таким чином, вартість на даному етапі можна назвати помірною та доволі доступною, якщо порівнювати із пропозиціями доступними на ринку, враховуючи не лише проекти виготовленні в Україні, а і закордонні аналоги, що вже вийшли у масове виробництво.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.5. Висновки

Як результат на даному етапі, ми побудували технічне рішення, яке є платформою для системи моніторингу якості повітря. Цей етап показав, що попередня оцінка та дослідний етап були виконані коректно, і ми без особливих проблем виконали поставлене завдання.

Важко не відмітити, що в процесі побудови були внесені певні правки, що зробили систему ще кращою, доступною та збільшило можливість масштабування. Також проведені тести показали, що загальна система є доволі стабільною та відмово стійкою.

Частину уваги було виділено для реалізації віддаленого доступу. Даний крок є не менш важливим, ніж безпосередня побудова стенду, оскільки проєкт є комплексним і необхідно надати можливість віддалено виконувати налаштування для реалізації серверної частини там мобільного додатку. Тим не менш, крок віддаленого доступу потрібно виконувати з акцентом на безпеку інфраструктури, щоб запобігти можливій компрометації.

Побудована архітектура є адаптованою до потреб, проте в майбутньому система має можливість бути ще більше вдосконаленою та модифікованою за потреби, враховуючи умови середовища. Також стенд із допоміжною інфраструктурою може бути легко адаптований до роботи із мобільною мережею типу 3G або 4G і використовувати її як канал для передачі даних, в тому числі як і резервний.

Підсумувавши, як результат – була побудована система для моніторингу навколишнього середовища, якості повітря і його характеристик з допомогою датчиків, що були приєднані до мікроконтролера Raspberry Pi Pico та контролера Raspberry Pi 4B.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Підсумовуючи результати виконання кваліфікаційної роботи, варто зазначити, що розробка та впровадження мікроконтролерної системи для моніторингу навколишнього середовища виявилась надзвичайно корисним і відмінним практичним досвідом. Робота дала можливість глибше вивчити технології, які є важливими для сучасних екологічних досліджень та поглибити знання практично не лише з точки зору проектування, а і реалізації системи.

Протягом виконання проекту було створено комплексну систему, здатну аналізувати ряд атмосферних параметрів, таких як вологість, тиск, температура, рівень якості повітря, вміст пилу та концентрація вуглекислого газу. Ця система демонструє високу точність та надійність, що дозволяє їй ефективно виконувати функції моніторингу навколишнього середовища.

Однією з ключових особливостей системи є її здатність передавати дані в режимі реального часу через мережу. Це значно підвищує її ефективність та дозволяє швидко реагувати на будь-які зміни в екологічних умовах. Така можливість є дуже важливою у сучасному світі, де швидкість отримання та обробки даних відіграє ключову роль, проте також варто акцентувати увагу і на відмовостійкості.

Виконання цієї кваліфікаційної роботи дозволило не лише закріпити теоретичні знання, отримані під час навчання, але й здобути цінний практичний досвід. Поєднання передових технологій та екологічної свідомості відкрило можливості для внесення значного внеску у вирішення актуальних екологічних проблем.

Цей досвід надає впевненість у здатності приймати складні виклики, дозволивши зрозуміти важливість у контексті збереження навколишнього середовища, майбутнього та робити внесок у розвиток суспільства.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 67
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Neidell, Matthew, Pestel, Nico. Air pollution and worker productivity. IZA World of Labor. 2023.
2. ДСТУ EN 45544-1:2016 Повітря робочої зони. Електричні прилади для безпосереднього виявлення та безпосереднього вимірювання вмісту токсичних газів і парів. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=67255](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=67255) (дата звернення: 15.03.2024).
3. Wang, Zongshuang. Prospect of China's ambient air quality standards. *Journal of Environmental Sciences*. 2023. №123. P. 255-269.
4. Kumar, Tarun, Doss, Amulya. AIRO: development of an intelligent IoT-based air quality monitoring solution for urban areas. *Procedia Computer Science*. 2023. №218. P. 262-273.
5. Gillespie, James. Real-time anomaly detection in cold chain transportation using IoT technology. *Sustainability*. 2023. №15(3). P. 22-55.
6. Alsharif, Mohammed H., Green IoT: A review and future research directions. *Symmetry*. 2023. 757 p.
7. Karthikeyan, S., A systematic analysis on Raspberry Pi prototyping: Uses, challenges, benefits, and drawbacks. *IEEE Internet of Things Journal*. 2023. №10(16).
8. Paithankar, Deepak Narayan, Framework for implementing air quality monitoring system using LPWA-based IoT technique. *Measurement: Sensors*. 2023.
9. Castell, N., Dauge, F., Schneider, P., Can commercial low-cost sensor platforms contribute to air quality monitoring and exposure estimates? *Environment International*. 2017. №99. P. 293-302.
10. González Rivero, Rosa Amalia, A low-cost calibration method for temperature, relative humidity, and carbon dioxide sensors used in air quality monitoring systems. *Atmosphere*. 2023. 191 p.
11. Couzo, Evan, Valencia, Alejandro, Gittis, Phoebe. Evaluation and correction of PurpleAir temperature and relative humidity measurements. *Atmosphere*. 2024. 415 p.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Radovenchyk V. Development of air quality monitoring system in Kyiv on the way of modernization environmental safety of sustainable development. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing. 2023.

13. Cheng, Guanwei, Design of security assistant software for domestic IT innovation operating system. *2023 International Conference on Consumer Electronics-Taiwan (ICCE-Taiwan)*. IEEE. 2023.

14. Oliveira, Gessé, Lima, George. Scheduling and energy savings for small scale embedded FreeRTOS-based real-time systems. *Design Automation for Embedded Systems*. 27(1). 2023.

15. Moudgil, Vipul, Integration of IoT in building energy infrastructure: A critical review on challenges and solutions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2023. 174 p.

16. Hosny, Khalid M., Internet of things applications using Raspberry-Pi: A survey. *International Journal of Electrical & Computer Engineering*. 2023. №13(1).

17. Wang, Jianchen, Evaluation of suitability of low-cost gas sensors for monitoring indoor and outdoor urban areas. *IEEE Sensors Journal*. 2023.

18. González, Víctor, Electro-Optical Nose for Indoor Air Quality Monitoring. *Chemosensors*. 2023. 535 p.

19. Waveshare. BME680 Environmental Sensor. URL: [https://www.waveshare.com/wiki/BME680\\_Environmental\\_Sensor](https://www.waveshare.com/wiki/BME680_Environmental_Sensor) (дата звернення: 29.03.2024).

20. Ylonen, Tatu, Lonvick, Chris. The secure shell (SSH) protocol architecture. RFC 4251. 2006.

21. Microsoft. Understanding remote desktop protocol. URL: <https://learn.microsoft.com/en-us/troubleshoot/windows-server/remote/understanding-remote-desktop-protocol> (дата звернення: 1.04.2024).

22. Nugroho, Prasetyo Adi, Variant, Nove E., Babbar, Parveen. Benefits and drawbacks of OpenVPN in accessing Osiris in academic libraries. *Library Hi Tech News*. 2023. №18. P. 14-25.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 69
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

23. Sousa, Bruno, Gonçalves, Carolina. FedAAA-SDN: Federated Authentication, Authorization and Accounting in SDN controllers. *Computer Networks*. 2024. 239 p.
24. Umejiaku, Afamefuna P., Dhakal, Prastab, Sheng, Victor S. Balancing password security and user convenience: Exploring the potential of prompt models for password generation. *Electronics*. 2023.
25. Оніщенко, Є. П., Калякін, С. В. Захист інформації: роль криптографії у сучасному світі. Інформаційно-аналітичне забезпечення діяльності органів сектору безпеки і оборони України: матеріали наук.-практ. конф. (м. Львів, 22 груд. 2023 р.). Львів: ЛьВДУВС. 2024. С. 127-129.
26. Клименко, В. О. Аналіз засобів захищеного зберігання паролів. Дис. ВНТУ. 2023.
27. Robotics Backend. Raspberry Pi 3 Pins. URL: <https://roboticsbackend.com/raspberry-pi-3-pins> (дата звернення: 5.04.2024).
28. Aiman, Zahra. A complete view of data communication: Digital signals vs. analog signals. Medium. URL: <https://medium.com/@zahraaiman2002/a-complete-view-of-data-communication-digital-signals-vs-analog-signals-23d1b576ba59> (дата звернення: 6.04.2024).
29. Loker, David R. Raspberry Pi Pico as an IoT Device. ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings. 2023.
30. Affia, Abasi-amefon O., Nolte, Alexander, Matulevičius, Raimundas. IoT Security Risk Management: A Framework and Teaching Approach. *Informatics in Education*. 22(4). 2023. P. 555-588.
31. Wolske, Martin. 4C: Getting Started with the Raspberry Pi. A Person-Centered Guide to Demystifying Technology 2nd Edition. 2023.
32. Karthikeyan, S., A systematic analysis on raspberry pi prototyping: Uses, challenges, benefits, and drawbacks. *IEEE Internet of Things Journal*. 10(16). 2023. P. 14397-14417.

33. Sebbio, Serena, Federated Learning on Raspberry Pi 4: A Comprehensive Power Consumption Analysis. *Proceedings of the IEEE/ACM 16th International Conference on Utility and Cloud Computing*. 2023.

34. Rashid, Salar Jamal, Alkababji, Ahmed Maamoon, Khidhir, Abdul Sattar Mohammed. Performance evaluation of software-defined networking controllers in wired and wireless networks. *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*. 2023. P. 49-59.

35. Waveshare. Dust Sensor. URL: [https://www.waveshare.com/wiki/Dust\\_Sensor](https://www.waveshare.com/wiki/Dust_Sensor) (дата звернення: 6.04.2024).

36. Waveshare. MQ-135 Gas Sensor. URL: [https://www.waveshare.com/wiki/MQ-135\\_Gas\\_Sensor](https://www.waveshare.com/wiki/MQ-135_Gas_Sensor) (дата звернення: 6.04.2024).

37. Waveshare. BME680 Environmental Sensor. URL: [https://www.waveshare.com/wiki/BME680\\_Environmental\\_Sensor](https://www.waveshare.com/wiki/BME680_Environmental_Sensor) (дата звернення: 6.04.2024).

38. Raspberry Pi Foundation. Pico R3-A4 Pinout. URL: <https://datasheets.raspberrypi.com/pico/Pico-R3-A4-Pinout.pdf> (дата звернення: 6.04.2024).

39. The Linux Kernel Archives. I2C Device Interface. URL: <https://www.kernel.org/doc/Documentation/i2c/dev-interface> (дата звернення: 9.04.2024).

40. Ubuntu Community Help Wiki. XRDP. URL: <https://help.ubuntu.com/community/xrdp> (дата звернення: 9.04.2024).

41. Lin, Weyde. Tunneling and VPN. Trends in Data Protection and Encryption Technologies. 2023. P. 149-154.

42. Kaur, Barjinder, Internet of things (IoT) security dataset evolution: Challenges and future directions. *Internet of Things*. 2023.

43. Azzaoui, Hanane, A Lightweight Cooperative Intrusion Detection System for RPL-based IoT. *Wireless Personal Communications*. №134(4). 2024. P. 22-35.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк. 71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

44. Kaaniche, Khaled, Enhancing service availability and resource deployment in IoT using a shared service replication method. *Heliyon*. 10(3). 2024.

45. Azzedin, Farag, Alhazmi, Turki. Secure data distribution architecture in IoT using MQTT. *Applied Sciences*. №13(4). 2023.

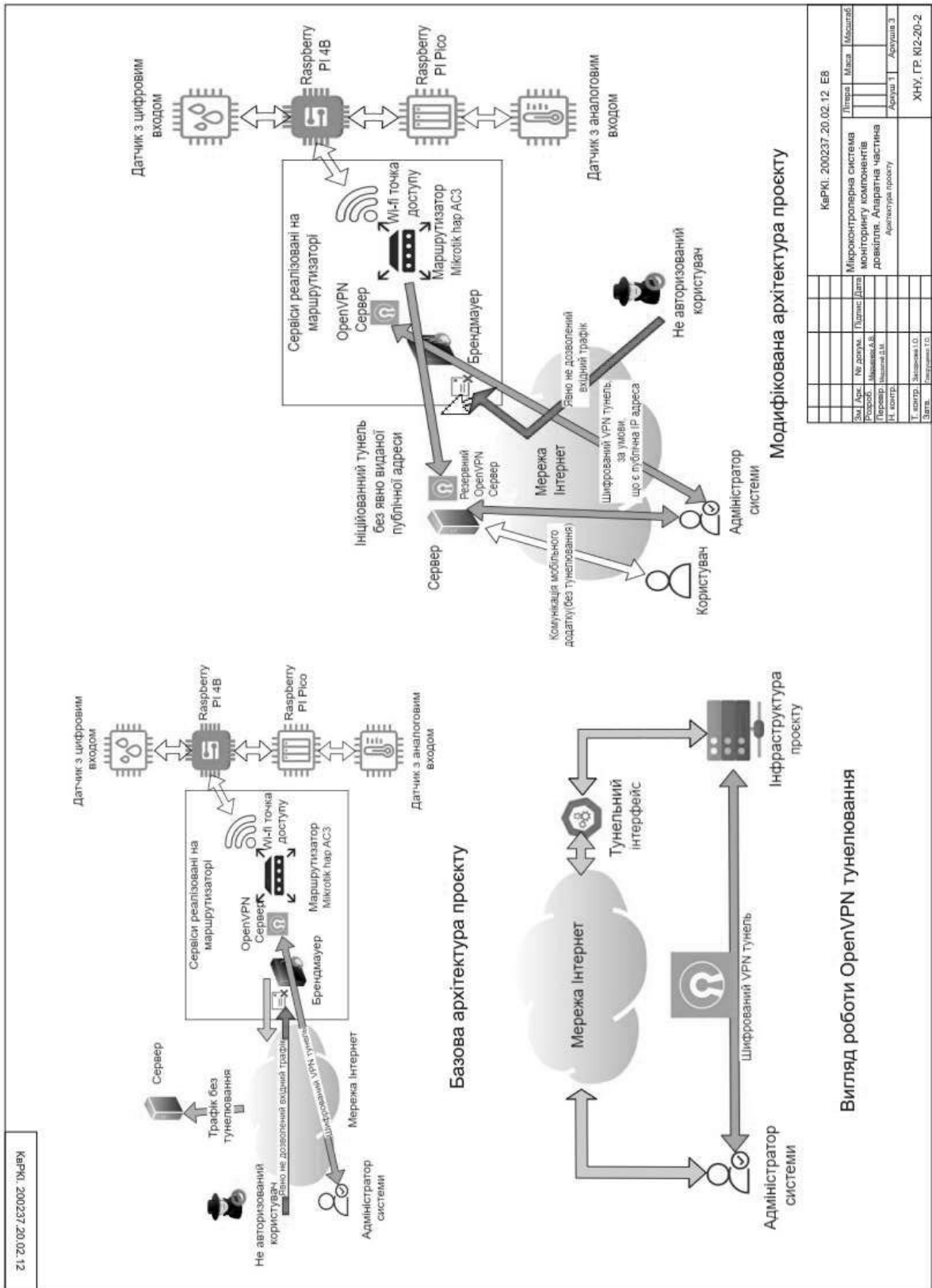
46. Rasool, Saad, Tariq, Aftab, Hayat, Yawar. Maximizing Efficiency in Telemedicine: An IoT-Based Artificial Intelligence Optimization Framework for Health Analysis. *European Journal of Science, Innovation and Technology*. №3(6). 2023. P. 48-61.

47. Goli, Alireza, A robust optimization model to design an IoT-based sustainable supply chain network with flexibility. *Central European Journal of Operations Research*. №84. 2023. P. 1-22.

					КВРКІ 200237.20.02.12 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

# Додаток А (обов'язковий)

## Копія креслення «Архітектура ПЗ проекту»





## Додаток В (обов'язковий)

Копія креслення «Реалізація віддаленого доступу до інфраструктури проєкту»

КВРКІ\_200237\_20.02.20.12

```

andrii@rasberry:~$ sudo systemctl status xrdp.service
● xrdp.service - xrdp daemon
   Loaded: /lib/systemd/system/xrdp.service; enabled; vendor preset: enabled
   Active: active (running) since Sun 2024-05-26 21:39:15 EEST; 23min ago
     Docs: man:xrdp(8)
   Process: 6360 ExecStartPre=/bin/sh /usr/share/xrdp/socksetup (code=exited, status=0/SUCCESS)
   Process: 6368 ExecStart=/usr/sbin/xrdp $XRDPP_OPTIONS (code=exited, status=0/SUCCESS)
   Main PID: 6369 (xrdp)
     Tasks: 2 (limit: 3933)
          CPU: 9.407s
   cgroup: /system.slice/xrdp.service
           └─ 6389 /usr/sbin/xrdp
                └─ 7771 /usr/sbin/xrdp

May 26 21:56:33 raspberry xrdp[7771]: [INFO] xrdp_wm_log.asp: session connect ok
May 26 21:56:33 raspberry xrdp[7771]: [INFO] sesman connect ok
May 26 21:56:33 raspberry xrdp[7771]: [INFO] sending login info to session manager. Please wait...
May 26 21:56:33 raspberry xrdp[7771]: [INFO] xrdp_wm_log.asp: login successful for user andrii on
May 26 21:56:33 raspberry xrdp[7771]: [INFO] loaded module 'libxvp.so' ok, interface size 9456, v
May 26 21:56:33 raspberry xrdp[7771]: [INFO] started connecting
May 26 21:56:33 raspberry xrdp[7771]: [INFO] lib_xvp_mod: connecting via UNIX socket
May 26 21:56:33 raspberry xrdp[7771]: [INFO] lib_xvp_mod: peer: xrdp_pid=7771 connected to x11rdp_
May 26 21:56:34 raspberry xrdp[7771]: [INFO] lib_xvp_mod: connected ok
    
```

Сервіс віддаленого доступу

Перевірка зчитування даних

Certificate Request Wizard

Name: andrii

Country: UA

State: 13

Locality: Rm

Organization: MyNetwork

Unit: VPN

Common Name: ca

Subject Alt Name:

Key Type: RSA

Key Size: 2048

Days Valid: 365

Buttons: OK, Cancel, Apply, Copy, Remove, Sign, Sign via SCEP, Create Cert Request, Import, Card Reinstall, Card Verify, Export, Revoke

Кореневий криптографічний сертифікат

OpenVPN Server

Port: 1194

Mode: ip

Protocol: tcp

Network: 24

MAC Address: FE:EB:D7:00:3E:21

Max MTU: 1600

Keepalive Interval: 60

Default Profile: openvpn

Require Clear Certificate

Auth: sha1, sha256, md5

Cipher: blowfish 128, aes 128 cbc, aes 192 cbc, aes 256 cbc, aes 128 gcm, aes 192 gcm, aes 256 gcm

Key Management: Sec 3600

Redirect Gateway: disabled, defl

Ввімкнений сервіс

Унікальні сертифікати користувачів

Користувач	2048	2048	2048	2048	2048	2048
andrii	2048	2048	2048	2048	2048	2048

Знак	№ докум.	Підпис	Дата	Ліцензія	Маска	Масштаб
Мікроконтролерна система моніторингу компонентів довільно. Апаратна частина						
Реалізація віддаленого доступу до інфраструктури проєкту						
Листування						
Листування 3						
Листування 1						
Листування 2						
Листування 4						
Листування 5						
Листування 6						
Листування 7						
Листування 8						
Листування 9						
Листування 10						
Листування 11						
Листування 12						
Листування 13						
Листування 14						
Листування 15						
Листування 16						
Листування 17						
Листування 18						
Листування 19						
Листування 20						
Листування 21						
Листування 22						
Листування 23						
Листування 24						
Листування 25						
Листування 26						
Листування 27						
Листування 28						
Листування 29						
Листування 30						
Листування 31						
Листування 32						
Листування 33						
Листування 34						
Листування 35						
Листування 36						
Листування 37						
Листування 38						
Листування 39						
Листування 40						
Листування 41						
Листування 42						
Листування 43						
Листування 44						
Листування 45						
Листування 46						
Листування 47						
Листування 48						
Листування 49						
Листування 50						
Листування 51						
Листування 52						
Листування 53						
Листування 54						
Листування 55						
Листування 56						
Листування 57						
Листування 58						
Листування 59						
Листування 60						
Листування 61						
Листування 62						
Листування 63						
Листування 64						
Листування 65						
Листування 66						
Листування 67						
Листування 68						
Листування 69						
Листування 70						
Листування 71						
Листування 72						
Листування 73						
Листування 74						
Листування 75						
Листування 76						
Листування 77						
Листування 78						
Листування 79						
Листування 80						
Листування 81						
Листування 82						
Листування 83						
Листування 84						
Листування 85						
Листування 86						
Листування 87						
Листування 88						
Листування 89						
Листування 90						
Листування 91						
Листування 92						
Листування 93						
Листування 94						
Листування 95						
Листування 96						
Листування 97						
Листування 98						
Листування 99						
Листування 100						

Ім'я користувача:  
Кафедра КІ

ID перевірки:  
1016357769

Дата перевірки:  
13.06.2024 18:42:43 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet + Library

Дата звіту:  
13.06.2024 19:19:29 EEST

ID користувача:  
100005591

Назва документа: Марценюк\_Мікроконтролерна система моніторингу компонентів доквілля. Апаратна частин...

Кількість сторінок: 72 Кількість слів: 14073 Кількість символів: 110753 Розмір файлу: 4.75 MB ID файлу: 1016162143

## 1.23% Схожість

Найбільша схожість: 0.62% з Інтернет-джерелом (<http://elar.khmnpu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/13851/1/%d0%94...>)



## 3.19% Цитат



## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.



## Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 0.0%

Словник перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. Помилки в документах: 9%

ID: 130322 Назва: БКР Мікроконтролера система моніторингу компонентів довідки. Апаратна частина Додано в БД: 2024-06-13 Автор: А. В. Марченко Керівник: Д. М. Мельничук Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Словотп	Лексемп	Словотп	Лексемп
	100005	806	766 (1%)	11 (1%)

Джерело plagiaty

ID	Опис	Наявність плагиату в документі	
		Словотп	Лексемп

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Марценюк Андрій Володимирович

Тема: "Мікроконтролерна система моніторингу компонентів доквілля.  
Апаратна частина"

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 67

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є реалізація мікроконтролерної системи моніторингу компонентів доквілля, а саме реалізація її апаратної частини

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота відповідає вимогам поставленого завдання.

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: Перший розділ сповна розглядає доступні ринкові рішення, оцінює їх переваги і недоліки. Також детально розглядається можлива елементна база, операційні системи, згідно загальноприйнятим практикам. Згідно наданому попередньому збору інформації у даному розділі, можемо отримати загальне розуміння про те, яке рішення є близьким до оптимального з точки зору вартості, параметрів та можливостей масштабування.

Оскільки згідно технічному завданню потрібно реалізувати саме апаратну частину, то другий розділ – це вибір конкретної елементної бази, враховуючи технічне завдання, порівнюючи можливі альтернативи. З точки зору даного розділу, було проведено попереднє проєктування апаратної частини системи а також схематична побудова архітектури. Як елементна база були обрані датчики MQ-135, VME-680 та Waveshare Dust Sensor. На етапі попереднього проєктування було визначено також базову частину системи – а саме мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4 та мікроконтролер – Raspberry Pi Pico. Обрана елементна база є сповна актуальним технічним рішенням,

особливо враховуючи те, що всі компоненти працюють як єдина система і таким чином нівелюватимуть можливі недоліки.

У третьому розділі описана практична реалізація апаратної частини системи, на основі того, що пропонувалось у розділі 2. Дослідження та проектування було проведено досить якісно, тому і практична частина реалізована коректно та надійно. Варто зауважити, що також в межах реалізації була створена можливість віддаленого доступу до системи, що є однозначно перевагою.

4. Позитивні сторони роботи: система є повністю оптимальною, порівнюючи із конкурентними рішеннями, має високу точність та стабільність роботи також реалізована можливість використання віддаленого доступу.

5. Негативні сторони роботи: складність подальшого обслуговування.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена вірно, згідно діючих стандартів оформлення документації. Креслення також створені, слідуючи стандартам.

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

8. Інші зауваження:

9. Оцінка дипломної роботи: *відмінно (5,00/А)*

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

*доцент кафедри АРІТ та Р Корнелюк Н.О.*

*« 14 » 06* 2024 р.

*[Підпис]* (підпис)

Завідувачу кафедри КПС  
д-р.техн.наук, проф. Говорушенко Т. О.

Марценюка Андрія Володимировича  
ІІІ здобувачів вищої освіти

ФІТ, 4 курсу, групи КІ2-20-2

#### 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 плагіат оповіщений(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 (Unicheck 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.

14 червня 2024 року



**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ**  
КАФЕДРИ КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА СИСТЕМОГО ПРОГРАМУВАННЯ  
**ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

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

Назва: Мікроконтролерна система моніторингу компонентів доквілля. Апаратна частина

Автор: Марценюк Андрій Володимирович

Спеціальність: 123 – Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Медзатий Дмитро Миколайович, к.т.н. доцент

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, виправданій 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 цільової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданій 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 укривити запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	

Підтвердження:

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

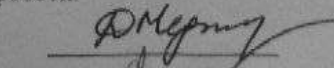
- 1) запозичення розміщені в розділах аналізу існуючих аналогів та прототипів, які не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються результатів роботи;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформлені посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами, про що свідчить посилання системи на збіг з 10-40 джерелами на один фрагмент речення;
- 4) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів зі україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.


Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 1,23% і адресується до 168 першоджерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.


Керівник роботи

Гарант ОН

Завідувач кафедри КІСП

  
Д. М. Медзатий

  
С. М. Лисенко

  
Т. О. Говорущенко