

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр  
Освітній рівень

Програмно-апаратне мережеве сховище даних на основі Raspberry Pi  
Назва теми

КВРКІ 022019.22.01.10 ПЗ  
Шифр

Галузь знань 12 «Інформаційні технології»  
Шифр, назва

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»  
Шифр, назва

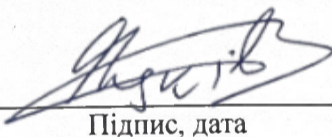
Освітня програма «Комп'ютерна інженерія та програмування»  
Назва

Виконав: студент III курсу, група KI2c-22-1

  
Підпис

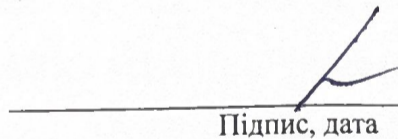
Максим КУЗЬ  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

Василь ЯЦКІВ  
Ініціали, прізвище

Нормоконтролер

  
Підпис, дата

Тетяна КИСІЛЬ  
Ініціали, прізвище

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

  
Підпис

Ольга ПАВЛОВА  
Ініціали, прізвище

«12» червня 2025 р.

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра КОМП'ЮТЕРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Освітній рівень БАКАЛАВР

Галузь знань 12 ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

Спеціальність 126 ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ

Освітня програма «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Ольга ПАВЛОВА

“ 10 ” 01 2025 р.



## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Кузю МАКСИМУ

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема проекту (роботи) Програмно-апаратне мережеве сховище даних на основі Raspberry Pi

Керівник проекту (роботи) Василь ЯЦКІВ д.т.н., проф.

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

Затверджена наказом ректора університету від 07.02.2025 р. № 23

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 01.06.2025 р.

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

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

Аналіз даних та інтернет рішень для мережевого сховища

Проектування програмно-апаратного мережевого сховища даних на основі Raspberry Pi та інші варіанти рішень

Програмно-апаратна реалізація мережевого сховища даних на основі Raspberry Pi

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

Архітектура Raspberry Pi та розподіл інформації

Порівняння систем охолодження

Встановлення ПЗ та ОС

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Тетяна КИСІЛЬ, доцент кафедри КІС		
Антиплагіат	Андрій НІЧЕПОРУК, доцент кафедри КІС		

7. Дата видачі завдання « 10 » 01 2025 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітки
1	Вибір напряму дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2025	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2025	виконано
3	Робота над розділом 1 – аналіз даних та інтернет рішень для мережевого сховища	01.03.2025	виконано
4	Робота над розділом 2 – проектування програмно-апаратного мережевого сховища даних на основі Raspberry Pi та інші варіанти рішень	01.04.2025	виконано
5	Робота над розділом 3 – програмно-апаратна реалізація програмно-апаратного мережевого сховища даних на основі Raspberry Pi	29.04.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2025	виконано
7	Попередній захист ВКР	26.05.2025	виконано
8	Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2025 року	

Студент

Підпис

Максим КУЗЬ  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи

Підпис

Василь ЯЦКІВ  
Ініціали, прізвище

№ р я д к а	Ф о р м а т	Позначення	Найменування	К і л · л и с т і в	№ ек з	П р и м і т к а
			<u>Текстові документи</u>			
1		КВРКІ 22019.22.01.10 ПЗ	Пояснювальна записка	55		
			<u>Графічні матеріали</u>			
2		КВРКІ 22019.22.01.10 Е8	Архітектура Raspberry Pi та розподіл інформації	1		
3		КВРКІ 22019.22.01.10 Е8	Порівняння систем охолодження	1		
4		КВРКІ 22019.22.01.10 Е8	Встановлення ПЗ та ОС	1		

КВРКІ 022019.22.01.10 ВП

Відомість проекту

Літера

Аркуш


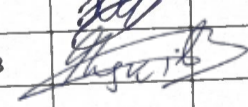
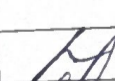
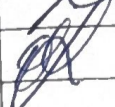
Аркушів

У

1

1

ХНУ, КІ2с-22-1

Зм	Арк	№ докум	Підпис	Дата
Розробив		Кузь		
Перевір.		Яцків		
Н. контр.		Кисіль		12.06.19
Затв.		Павлова		14.06.19

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Програмно-апаратне мережеве сховище даних на основі Raspberry Pi».

Автор роботи: Максим КУЗЬ.

Керівник роботи: Василь ЯЦКІВ.

Пояснювальна записка: 55 с., 31 рис., 7 табл., 3 дод., 50 джерел.

Графічна частина: 3 креслення.

Метою дипломної роботи є розробка програмно-апаратного мережевого сховища даних з використанням одноплатного комп'ютера Raspberry Pi, що забезпечує зручний, доступний та безпечний обмін і зберігання даних у локальній мережі.

Об'єктом дослідження є мережеві сховища даних, їх архітектура, принципи побудови, функціонування та інтеграції у локальні комп'ютерні мережі.

Предметом дослідження є програмні та апаратні рішення для організації мережевого сховища даних на базі Raspberry Pi, їх функціональні можливості та продуктивність.

Під час проведення даного дослідження був використаний метод систематичного огляду літератури для вивчення і аналізу предметної області даного дослідження з текстових джерел інформації.



Підпис студента

30.05.2025

Дата

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
<b>1 АНАЛІЗ ДАНИХ ТА ІНТЕРНЕТ РІШЕНЬ ДЛЯ МЕРЕЖЕВОГО СХОВИЩА.....</b>	<b>5</b>
1.1 Аналіз задачі та інтернет рішень .....	5
1.2 Постановка задачі .....	14
1.3 Висновки до першого розділу .....	15
<b>2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО МЕРЕЖЕВОГО СХОВИЩА ДАНИХ НА ОСНОВІ RASPBERRY PI ТА ІНШІ ВАРІАНТИ РІШЕНЬ .....</b>	<b>17</b>
2.1 Визначення та вибір варіанта реалізації і порівняння з іншими .....	17
2.2 Вибір накопичувача та порівняння їх характеристик.....	27
2.3 Система охолодження .....	36
2.4 Висновки до другого розділу .....	39
<b>3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕРЕЖЕВОГО СХОВИЩА ДАНИХ НА ОСНОВІ RASPBERRY PI .....</b>	<b>41</b>
3.1 Опис реалізації модулів апаратного та програмного забезпечення програмно-технічного засобу .....	41
3.2 Модифікація системи охолодження. ....	42
3.3 Підготовка програмного забезпечення.....	48
3.4 Висновки до третього розділу .....	54
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>56</b>
<b>ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....</b>	<b>58</b>
<b>ДОДАТОК А .....</b>	<b>64</b>
<b>ДОДАТОК Б.....</b>	<b>65</b>
<b>ДОДАТОК В.....</b>	<b>66</b>

КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		Літера	Аркуші	Аркушів
Виконав		Максим КУЗЬ			Програмно-апаратне мережеве сховище даних на основі Raspberry Pi	у	2	72
Перевір.		Василь ЯЦКІВ						
Н.контр.		Тетяна КИСІЛЬ		12.06.2019	Пояснювальна записка	ХНУ КІ2с-22-1		
Затвер.		Ольга ПАВЛОВА		12.06.2019				

## ВСТУП

В умовах швидкого зростання обсягу цифрової інформації постає гостра потреба у розробці ефективних систем зберігання даних. Хоча хмарні сервіси є популярними завдяки легкому доступу до інформації з будь-якої точки світу, вони мають певні недоліки. Зокрема, обсяг безкоштовного простору часто виявляється недостатнім, тому користувачі змушені купувати додаткові платні тарифи, що підвищує загальні витрати. Також виникають ризики через залежність від сторонніх постачальників, які можуть спричинити технічні збої, зміни в політиці конфіденційності або навіть втрату доступу до даних через зовнішні чинники. Через це з'являється інтерес до альтернатив, що дозволяють зберігати контроль над даними без використання хмарних платформ.

Одним із таких рішень є створення власного мережевого сховища даних (NAS), яке забезпечує локальне зберігання з високою надійністю та безпекою. Використання одноплатних комп'ютерів, як-от Raspberry Pi, відкриває можливості для створення доступних за ціною, але функціонально насичених систем, які підходять для використання вдома або в невеликих офісах. Цей підхід дозволяє уникнути залежності від зовнішніх постачальників, зберігаючи дані на власних апаратних засобах.

Рішення на базі Raspberry Pi надає можливість зберігати дані локально і отримувати до них безпечний доступ з різних пристроїв у межах однієї мережі. Це створює гнучке і контрольоване середовище для зберігання важливої інформації, що особливо актуально в умовах підвищених вимог до конфіденційності та безпеки даних. Таке власне сховище є ефективним рішенням для зменшення витрат, мінімізації ризиків втрати даних та забезпечення безперервного доступу до них.

Raspberry Pi є оптимальним вибором завдяки хорошему співвідношенню продуктивності, вартості та енергоефективності. Платформа підтримує відкриті операційні системи та програмні рішення, що дозволяє створювати системи з індивідуальними налаштуваннями відповідно до потреб користувача. Таким

					КвРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чином, мережеве сховище на основі Raspberry Pi стає перспективним і практичним рішенням, яке відповідає сучасним вимогам до надійності, доступності та безпеки цифрової інформації, вирішуючи проблеми, властиві хмарним сервісам.

Крім того, створення NAS на базі Raspberry Pi сприяє розвитку практичних навичок у галузі комп'ютерних мереж, адміністрування систем та інформаційної безпеки. Це дає змогу не лише забезпечити персональні потреби у зберіганні даних, а й поглибити технічну компетентність у сфері ІТ, що є цінним у професійній діяльності. У межах цієї роботи розглядаються апаратні та програмні аспекти створення такого сховища, аналізуються його переваги та недоліки, порівнюються можливості з хмарними рішеннями, а також надаються практичні рекомендації щодо впровадження і подальшої експлуатації системи.

З огляду на актуальність теми, робота спрямована на дослідження ефективності побудови локального мережевого сховища з використанням доступних апаратних рішень, а також на доведення доцільності його впровадження в умовах обмежених ресурсів при збереженні високого рівня функціональності, безпеки та надійності.

					КвРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 АНАЛІЗ ДАНИХ ТА ІНТЕРНЕТ РІШЕНЬ ДЛЯ МЕРЕЖЕВОГО СХОВИЩА

## 1.1 Аналіз задачі та інтернет рішень

Програмно-апаратне мережеве сховище даних (Network Attached Storage, NAS) являє собою універсальне рішення, яке дозволяє централізувати зберігання, управління та доступ до даних як у локальній мережі, так і через інтернет. Вибір підходу до побудови NAS залежить від потреб користувача, бюджету, вимог до продуктивності та рівня безпеки.

Для реалізації мережевого сховища даних на основі апаратно-програмного комплексу Raspberry Pi існує широкий спектр сучасних рішень, які пропонують різноманітні підходи до організації зберігання, обробки та доступу до даних. Кожна з представлених опцій має свої унікальні характеристики, переваги і сферу застосування.

Одним із найчастіше використовуваних варіантів є застосування програмного забезпечення TrueNAS, яке являє собою інструмент із відкритим кодом для побудови високопродуктивних мережевих сховищ. TrueNAS підтримує широкий спектр файлових систем, таких як ZFS, забезпечуючи тим самим максимальну надійність і захист цілісності даних. Платформа надає користувачам зрозумілий веб-інтерфейс для адміністрування, підтримку RAID-масивів, автоматизоване резервне копіювання, функції шифрування та можливості віртуалізації. Хоча TrueNAS в основному орієнтоване на більш потужні серверні конфігурації, із певними обмеженнями це рішення може бути адаптоване під Raspberry Pi [1].

Іншим часто вживаним підходом є використання OpenMediaVault (OMV), створеного на основі операційної системи Debian Linux. OMV було розроблено спеціально для спрощеного налаштування NAS-систем. Основу OMV становить модульна архітектура з можливістю гнучкого розширення функціоналу через плагіни. Серед доступних опцій можна виокремити підтримку таких протоколів, як

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

SMB/CIFS, NFS та FTP, а також різноманітні методи резервного копіювання. Програма характеризується простотою використання і високою ефективністю, що робить її чудовим вибором для встановлення на Raspberry Pi. Вона забезпечує стабільність роботи та функціональність, достатню для домашніх або невеликих офісних мереж.

Додатково заслуговує на увагу дистрибутив DietPi це легка операційна система на базі Linux, оптимізована для одноплатних комп'ютерів, у тому числі Raspberry Pi. DietPi включає зручний у встановленні NAS-пакет, здатний підтримувати кілька файлових протоколів, забезпечуючи швидке розгортання базового мережевого сховища при мінімальних витратах ресурсів. Це рішення є особливо доцільним для користувачів із потребою економії системних ресурсів без значного зменшення функціональності NAS [2].

Окремо слід згадати хмарні рішення, серед яких Nextcloud посідає особливе місце. Його можна встановити на Raspberry Pi з метою створення персонального хмарного сховища із функціями синхронізації файлів, календарів і контактів між різними пристроями. Nextcloud забезпечує зручний веб-інтерфейс, підтримує мобільні клієнти та пропонує широкий спектр можливостей для шифрування даних і управління доступом. Ця платформа є привабливим вибором для користувачів, які шукають функціональність сучасних хмарних сервісів із збереженням контролю над приватністю.

У ході виконання дипломного проєкту було розглянуто проблему надійного, економічно вигідного та швидкого доступу до даних у сучасному інформаційному суспільстві. Аналіз хмарних сервісів показав, що, попри їхню зручність, вони часто мають недостатню надійність, високу вартість та проблеми із забезпеченням конфіденційності даних [3].

Виявлено тенденцію до зменшення доступності безкоштовних хмарних рішень, про що свідчить приклад сервісу Google Фото, який перейшов на платну модель. Тому було запропоновано створити альтернативне рішення – власне

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





RAID 6 схожий на RAID 5, проте використовує подвійну систему контрольних сум. Це дозволяє зберігати дані навіть у випадку одночасного виходу з ладу двох дисків, але при цьому потребує більше ресурсів на виконання обчислень і трохи знижує корисну ємність масиву.

Нарешті, RAID 10 (або RAID 1+0) — це комбінація стріпінгу та дзеркалювання. Він пропонує як високу швидкість доступу, так і надійність зберігання інформації, але водночас є найдорожчим рішенням, оскільки вимагає вдвічі більше дисків для забезпечення необхідної ємності сховища.

Загалом, використання RAID-масивів дозволяє суттєво підвищити надійність, швидкість доступу до інформації та забезпечити гнучкість розширення системи зберігання. Вони також надають можливість замінювати пошкоджені диски в режимі реального часу, без потреби у зупинці роботи всієї системи, що робить їх незамінними для корпоративних серверів і дата-центрів [5].

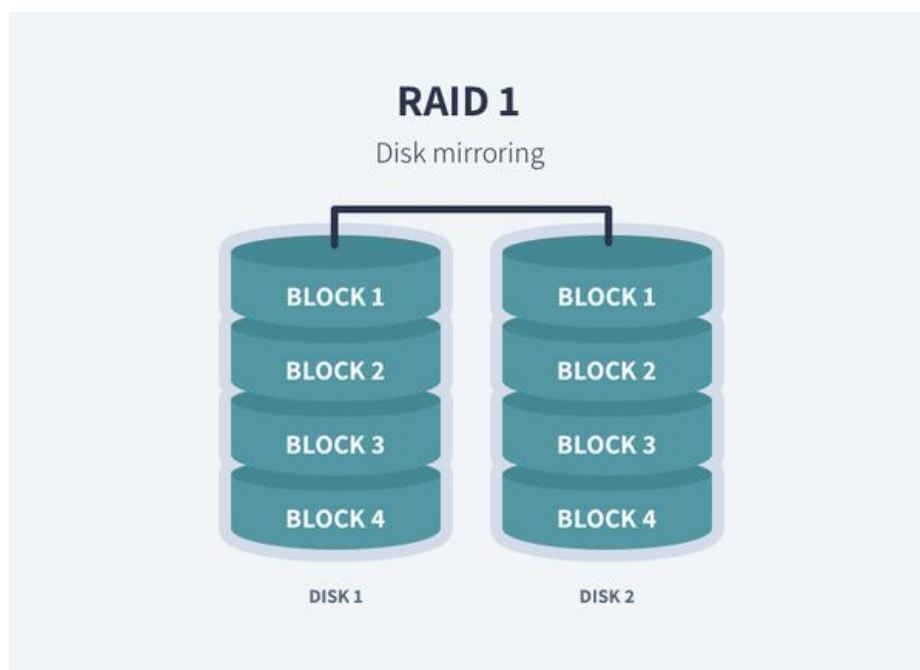


Рисунок 1.2 – Приклад розподілу інформації в RAID 1[4]

Операційна система Raspberry Pi OS була налаштована на карту пам'яті microSD, що дозволило мінімізувати навантаження на ресурси пристрою та

забезпечити стабільність роботи. Повна методика налаштування ОС наведена у додатку .

У рамках проєкту було проведено порівняльний аналіз платформ Raspberry Pi 5 та Raspberry Pi 4, за результатами якого обрано Raspberry Pi 5 завдяки наступним перевагам:

- потужніший процесор Cortex-A76 з частотою до 2,4 ГГц, що підвищує продуктивність щонайменше на 60% порівняно з Pi 4;
- пам'ять LPDDR4X-4266, яка забезпечує вищу швидкість роботи;
- інтерфейс PCIe 2.0 x1 для прямого підключення NVMe-накопичувачів, що значно покращує швидкість передачі даних;
- поліпшена графічна підсистема VideoCore VII;
- підтримка двох дисплеїв 4Кр60;
- покращена система охолодження та більший обсяг оперативної пам'яті до 8 ГБ.

У рамках розробки пристрою також було впроваджено активну систему охолодження, яка ґрунтується на використанні компактного кулера, спеціально адаптованого для потреб мікрокомп'ютера Raspberry Pi. Цей кулер, зображений на рисунку 1.3, призначений для ефективного підтримання оптимального температурного режиму під час роботи пристрою, особливо в умовах підвищеного навантаження на процесор та інші вузли системи. Конструктивно система охолодження поєднує в собі алюмінієвий радіатор, який забезпечує пасивне розсіювання тепла, та невеликий вентилятор, що здійснює активну циркуляцію повітря навколо ключових елементів плати [6].

Така конфігурація дає змогу ефективно відводити надлишкове тепло від центрального процесора, мікросхем оперативної пам'яті та інших критично важливих компонентів, запобігаючи їх перегріванню та забезпечуючи стабільність функціонування всієї системи. Застосування активного охолодження є важливим фактором для підвищення загальної надійності та довговічності роботи пристрою, особливо за умов тривалої експлуатації в обмеженому просторі корпусу.

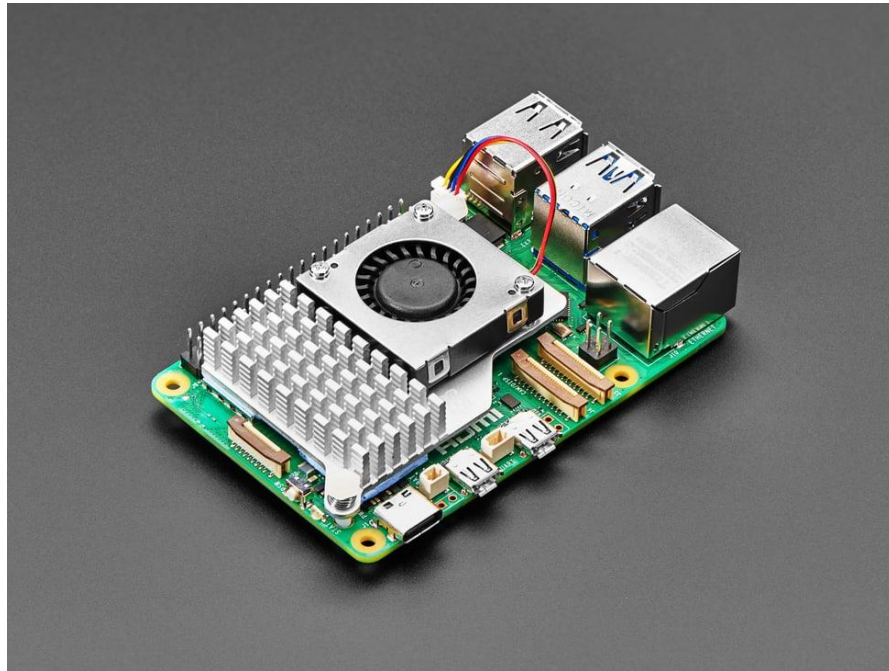


Рисунок 1.3 – Активна система охолодження для Raspberry Pi[5]

Під час практичних випробувань було підтверджено, що застосування цього кулера суттєво знизило температуру центрального процесора, завдяки чому вдалося уникнути появи тротлінгу. Це забезпечило стабільно високу продуктивність системи навіть під значним навантаженням.

Окрім того, стабілізація температурного режиму компонентів сприяла суттєвому підвищенню загальної надійності роботи NAS. Це особливо важливо з огляду на вимоги до тривалої безперервної роботи системи в режимі 24/7, що є ключовим аспектом використання такого роду пристроїв [7].

Тож, використання активного кулера своєю доцільність та ефективність як у покращенні продуктивності Raspberry Pi, так і у забезпеченні довговічності й стабільної роботи створеного NAS.



Рисунок 1.4 – Плата Penta sata hat for raspberry pi 5[2]

Для розширення можливостей NAS у проекті був використаний модуль Penta SATA HAT що зображений на рисунку 1.4, який підключається через слот M.2 та дозволяє одночасно використовувати п'ять SATA-дисків як показано на рисунку 1.5. Було створено RAID 1 масив із двох накопичувачів по 500 ГБ, отримавши 500 ГБ ефективного простору із середньою швидкістю читання/запису близько 400 МБ/с [8].

Застосування цього модуля дозволило значно збільшити обсяг зберігання даних, підвищити продуктивність та забезпечити надійність роботи системи, що підтвердило доцільність його використання в домашніх умовах для створення ефективного мережевого сховища.

Однак також хочу зазначити якщо бюджет проекту досить обмежений тоді варто розглянути більш дешевший варіант створення персонального тоді варо розглянути набагато дешевший варіант реалізації даного проекту.



Рисунок 1.5 – Приклад підключення плати до Raspberry Pi та SSD[6]

В такому випадку замість Raspberry Pi на 8гб оперативної пам'яті можна обрати старішу модель Raspberry Pi 4 лише з одним гігабайтом операивної пам'яті що набагато заощадить кошти оскільки різниця в ціні досить висока.

В Україні на даний момент Ruspberry Pi 4 з одним гігабайтом оперативної пам'яті коштує лише 2373 грн в той час як Ruspberry Pi 5 вже на 8 гігабайт оперативної пам'яті коштує 5199 грн що є на 54.34% дороще ніж попередня версія на меншу кількість оперативної пам'яті [9].

Другим етапом здешевлення проєкту буде заміна швидких SSD на повільніші HDD.

Так це сильно зменшить швидкість запису та зчитування але в той самий час ідеально підійде для дешевого персонального сховища.Сьогодні ціна на SSD накопичувачі на 500гб починаються від 1450 грн в той час як на HDD накопичувачі від 579 грн що сановить майже 60%.

## 1.2 Постановка задачі

Постановка задачі для проекту програмно-апаратного мережевого сховища даних на основі Raspberry Pi передбачає створення компактної, ефективної й надійної системи для централізованого зберігання, швидкого доступу та безпечного управління цифровою інформацією в межах локальної мережі. Основна мета полягає у створенні пристрою, що об'єднує потужну апаратну платформу, оптимізовану систему зберігання даних та відповідне програмне забезпечення, здатне задовольнити потреби користувачів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити низку завдань як технічного, так і організаційного характеру. Насамперед слід обрати і правильно налаштувати апаратну платформу Raspberry Pi 5, забезпечивши її ефективне охолодження для стабільної роботи під тривалим навантаженням. Потім потрібно інтегрувати накопичувачі даних, оптимально співвіднесені за об'ємом пам'яті, швидкістю і надійністю, з врахуванням можливостей портів Raspberry Pi. Особливу увагу слід приділити вибору між використанням жорстких дисків і твердотільних накопичувачів, оскільки це критично впливає на продуктивність та довговічність системи [10].

Наступним кроком є впровадження програмного забезпечення, яке надасть можливість організувати мережевий доступ до файлів за допомогою популярних протоколів, як-от SMB, NFS або FTP. Також необхідно реалізувати механізми безпеки, резервного копіювання та, за потреби, віддаленого доступу. Важливим аспектом є створення зручного адміністративного інтерфейсу для моніторингу системи, управління користувачами та конфігураціями.

Мережеве сховище має бути організоване таким чином, щоб забезпечувати зручний доступ до файлів для користувачів локальної мережі. Система повинна забезпечувати високошвидкісний і стабільний обмін даними навіть у багатоопераційному режимі й підтримувати одночасну роботу декількох користувачів без втрати продуктивності. При цьому слід забезпечити

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

автоматичний захист від втрати даних у випадку збоїв обладнання чи інших непередбачених ситуацій.

Загалом завдання вимагає комплексного підходу до створення сучасного, зручного та надійного мережевого сховища даних із врахуванням технічних характеристик Raspberry Pi. Результат має задовольняти сучасні користувацькі вимоги та відповідати обмеженням і можливостям обраної апаратної платформи.

### 1.3 Висновки до першого розділу

У результаті аналізу даних та існуючих інтернет-рішень для побудови мережевих сховищ виявлено, що сучасний ринок пропонує безліч варіантів, які відрізняються за функціональністю, продуктивністю, надійністю та ціною. Більшість комерційних продуктів орієнтовані на великі корпоративні системи, що мають складну архітектуру і потребують масштабованості, але водночас вимагають значних фінансових та апаратних ресурсів. Водночас відкриті платформи й програмно-апаратні рішення на базі доступного обладнання, як-от Raspberry Pi, демонструють значний потенціал для створення економічно ефективних мережевих сховищ. Такі рішення можуть повною мірою задовольнити потреби малого й середнього бізнесу, а також домашніх користувачів [12].

Крім того, важливо зазначити, що з розвитком технологій зростає роль індивідуального налаштування та гнучкості в побудові мережевих сховищ. Користувачі все частіше прагнуть до контролю над власними даними, уникаючи сторонніх хмарних сервісів через ризики конфіденційності. Власне мережеве сховище, зібране на базі відкритих рішень, дозволяє гарантувати збереження даних, знизити залежність від сторонніх провайдерів і забезпечити більшу автономність.

Дослідження показало, що при виборі оптимального варіанту ключовими факторами слід вважати баланс між продуктивністю, безпекою, масштабованістю та простотою налаштування. Інтернет-ресурси пропонують різноманітні програмні продукти, при цьому особливу увагу варто звернути на відкриті проекти з

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підтримкою популярних протоколів (таких як SMB і NFS) і можливістю інтеграції з хмарними сервісами. Це дозволяє адаптувати мережеве сховище під індивідуальні потреби користувачів.

Окремо слід підкреслити, що використання одноплатних комп'ютерів, таких як Raspberry Pi або аналогів, відкриває широкі можливості для експериментів, навчання та інновацій. Це не тільки доступне рішення з фінансової точки зору, а й чудова платформа для розуміння принципів побудови локальних мереж, адміністрування систем зберігання даних та оптимізації роботи із сучасними мережевими технологіями. У поєднанні з великою кількістю навчальних матеріалів і активними спільнотами користувачів, такі рішення дозволяють навіть початківцям реалізувати якісні проєкти зі збереження та обміну даними.

З огляду на це зроблено висновок, що для створення ефективного мережевого сховища даних найкращим підходом є використання гібридного рішення. Це полягає в поєднанні апаратних можливостей одноплатних комп'ютерів із відкритим програмним забезпеченням. Такий підхід забезпечує високу функціональність, хорошу масштабованість і водночас економічну доцільність, що є важливим фактором для його широкого застосування в різноманітних сферах.

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ПРОЄКТУВАННЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО МЕРЕЖЕВОГО СХОВИЩА ДАНИХ НА ОСНОВІ RASPBERRY PI ТА ІНШІ ВАРІАНТИ РІШЕНЬ

### 2.1 Визначення та вибір варіанта реалізації і порівняння з іншими

Програмно-апаратне мережеве сховище даних (Network Attached Storage, NAS) являє собою універсальне рішення, яке дозволяє централізувати зберігання, управління та доступ до даних як у локальній мережі, так і через інтернет. Вибір підходу до побудови NAS залежить від потреб користувача, бюджету, вимог до продуктивності та рівня безпеки. Існує кілька основних способів створення таких сховищ, які різняться за архітектурою, вибраною апаратною базою та програмним забезпеченням.

Перший варіант передбачає використання готових спеціалізованих пристроїв NAS від відомих виробників, таких як Synology, QNAP або Western Digital. Ці рішення оснащуються власними операційними системами, оптимізованими для роботи з даними. Вони підтримують функції RAID, резервне копіювання, шифрування та різні мережеві протоколи (SMB, NFS, AFP). Апаратна основа таких пристроїв включає енергоефективні процесори ARM або Intel, операційну пам'ять та накопичувачі HDD/SSD. Взаємодія з системами спрощується завдяки модульній конструкції, що дозволяє розширювати обсяг сховища за допомогою додаткових відсіків [14].

Другий підхід полягає у створенні NAS на платформі стандартного персонального комп'ютера або сервера із використанням відкритого програмного забезпечення, такого як FreeNAS (нині TrueNAS), OpenMediaVault або Unraid. Для цього підходять комплектуючі зі світу серверних технологій, наприклад, процесори Intel Xeon, пам'ять ECC та масиви дисків із SAS або SATA інтерфейсами. Програмна частина забезпечує гнучке налаштування RAID-масивів, підтримку файлових систем ZFS і Vtrfs, високий рівень захисту даних, можливості для

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Кінець таблиці 2.1

NAS на основі сервера	Серверне обладнання (Xeon, ECC RAM, SAS HDD)	FreeNAS/TrueNAS, OpenMediaVault	Корпоративне, масштабоване	Висока гнучкість, масштабованість	Висока вартість і складність налаштування
Хмарні NAS	Локальний шлюз + хмарні сервери	Протоколи WebDAV, клієнти	Розподілені команди, гібридні сховища	Віддалений доступ, мінімальні капітальні витрати	Залежність
NAS на одноплатних комп'ютерах	Raspberry Pi, HDD/SSD	OpenMediaVault, Samba	Домашнє, невеликі офіси	Низька вартість, компактність	Обмежена продуктивність і надійність

Згідно з представленим нижче графіком на рисунку 2.2, спеціалізовані NAS-пристрої характеризуються найменшим рівнем складності налаштування, проте забезпечують лише помірний рівень масштабованості. У той же час серверні NAS-системи демонструють високу складність конфігурації, але забезпечують значну масштабованість. Хмарні рішення відрізняються середньою складністю у використанні, водночас пропонуючи високу доступність. Натомість одноплатні системи показують мінімальну складність налаштувань, але мають низький рівень продуктивності.



Рисунок 2.1 – Співвідношення між складністю налаштування та апаратних вимог і масштабованістю з продуктивністю для різних типів NAS.

Горизонтальна вісь у представленій моделі відображає рівень складності систем: у лівій частині розміщені платформи з мінімальними вимогами, тоді як права частина відповідає системам із високими апаратними потребами і значною складністю налаштувань. Вертикальна вісь репрезентує масштабованість і продуктивність: низька позиція вказує на обмежені потужності, тоді як високе розташування відповідає системам, здатним ефективно обробляти великі обсяги даних [16].

На основі цієї графічної інтерпретації можна бачити, що рішення, збудовані на базі одноплатних комп'ютерів (наприклад, Raspberry Pi), займають нижню ліву частину графіка. Ці системи характеризуються невеликою складністю та обмеженою продуктивністю, що робить їх оптимальними для виконання нескладних завдань у домашньому або офісному середовищах. Спеціалізовані NAS-пристрої відображені трохи вище і правіше, оскільки вони мають збільшені вимоги до апаратних ресурсів і знань для експлуатації, але водночас забезпечують

вищий рівень продуктивності, роблячи їх придатними для малого і середнього бізнесу.

Хмарні NAS-рішення знаходяться ближче до середнього діапазону за рівнем складності налаштування. Вони не потребують високопотужної локальної інфраструктури, проте пропонують значну масштабованість та зручність доступу з віддалених місць. Відповідно до цього підходу, їх місце на графіку визначається у верхній частині, хоча не в найправішій позиції [17].

Максимальні значення за показниками складності та продуктивності спостерігаються у серверного NAS-обладнання, що використовується в корпоративних середовищах. Такі рішення забезпечують надійне та масштабоване зберігання великих обсягів даних, що потребує глибокої експертизи для налаштування та інтеграції.

Зазначена візуалізація слугує корисним інструментом для визначення ключових компромісів під час вибору NAS-системи. Вона дозволяє оцінити потребу у високій продуктивності й масштабованості системи разом із її складністю або, навпаки, обрати просте та економічно доступне рішення з обмеженими функціональними можливостями [18].

Розглядаючи Raspberry Pi як платформу для створення програмно-апаратного мережевого сховища даних, можна виокремити кілька ключових переваг, які роблять її привабливим рішенням у певних умовах. Перш за все, вона вирізняється своєю доступною вартістю. У порівнянні з традиційними спеціалізованими NAS-пристроями або серверними системами, Raspberry Pi пропонує значно економічніше рішення, що особливо корисно для приватних користувачів або підприємств із невеликим бюджетом. Такий підхід є ідеальним для домашніх умов чи невеликих офісів, де не потрібна складна інфраструктура з високими показниками продуктивності [21].

Іншим важливим аспектом є компактність пристрою разом із низьким рівнем енергоспоживання. Завдяки малим фізичним габаритам Raspberry Pi можна легко розташувати навіть у дуже обмеженому просторі, а його енергоефективність





Оперативна пам'ять представлена у конфігураціях обсягом 4 ГБ або 8 ГБ стандарту LPDDR4X, що забезпечує високу швидкість передачі даних та оптимальну підтримку багатозадачності, відповідаючи сучасним вимогам користувачів [25].

Для зберігання даних передбачений слот для карт microSD, а також можливість підключення зовнішніх накопичувачів через два високошвидкісні порти USB 3.0, що дозволяють досягати значної пропускну здатності під час обміну інформацією.

Інфраструктура мережевих інтерфейсів включає порт Gigabit Ethernet із можливістю використання технології PoE (Power over Ethernet) через додатковий модуль. Крім того, пристрій підтримує двохдіапазонний Wi-Fi стандарту 802.11ac і Bluetooth 5.0, що забезпечують широкі можливості для бездротового підключення й інтеграції.

У сфері відеовиходів модель оснащена двома роз'ємами micro HDMI, які надають можливість виведення зображення у роздільній здатності 4K із частотою до 60 кадрів за секунду, що робить пристрій оптимальним для роботи з мультимедійним контентом високої якості [26].

Розміри плати складають приблизно 88 мм × 58 мм, а енергоспоживання варіюється від 5 до 10 Вт залежно від рівня навантаження. Це дозволяє зберігати прийнятний баланс між продуктивністю та енергоефективністю.

Пристрій сумісний з операційними системами на базі Linux, включаючи Raspberry Pi OS. Додатково підтримуються інші дистрибутиви, що забезпечує гнучку адаптацію системи для вирішення різних завдань, наприклад, використання Raspberry Pi 5 як мережевого сховища даних.

Нижче наведена таблиця 2.3 з підсумком основних технічних параметрів Raspberry Pi 5.

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Основні технічні параметри Raspberry Pi 5

Характеристика	Опис
Процесор	Broadcom BCM2712, 2-ядерний ARM Cortex-A76, 2.4 ГГц
Оперативна пам'ять	4 ГБ або 8 ГБ LPDDR4X
Зберігання	microSD слот, підтримка USB 3.0 накопичувачів
USB-порти	2 × USB 3.0, 2 × USB 2.0
Мережа	Gigabit Ethernet з PoE, Wi-Fi 802.11ac, Bluetooth 5.0
Відеовиходи	2 × micro HDMI, 4K при 60 FPS
Розміри	88 мм × 58 мм
Енергоспоживання	5–10 Вт залежно від навантаження
Підтримка ОС	Raspberry Pi OS, Linux дистрибутиви

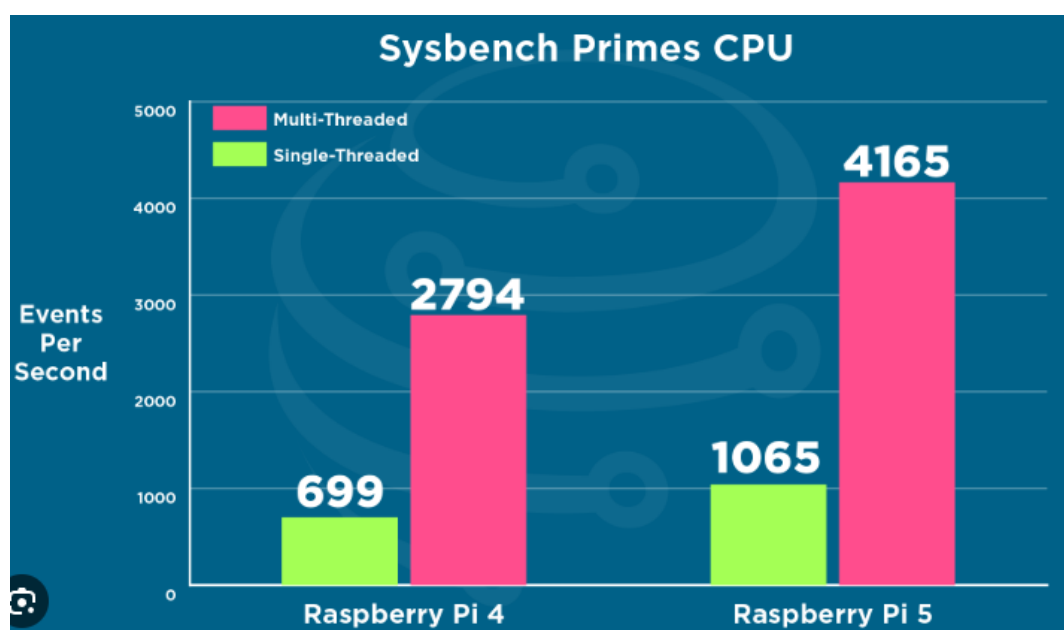


Рисунок 2.2 – Порівняння продуктивності двох моделей Raspberry Pi [10]

Графічний аналіз продуктивності Raspberry Pi 4 та Raspberry Pi 5, проведений за допомогою тесту Sysbench Primes CPU, демонструє вагомий приріст

обчислювальних можливостей між двома поколіннями пристроїв. Цей тест визначає кількість операцій, які система може виконати за секунду, враховуючи як однопоточні, так і багатопоточні режими роботи процесора (рисунок 2.2).

У багатопоточному режимі, де використовується максимальна кількість ядер для паралельної обробки, Raspberry Pi 4 досягає близько 2794 подій на секунду. Це свідчить про його здатність ефективно виконувати багатозадачні обчислення, що є вагомим фактором для завдань із можливістю розподілу навантаження між потоками. Водночас продуктивність у режимі з меншою кількістю потоків, де паралелізація не використовується повною мірою, фіксується в межах 699 подій на секунду. Ця різниця підкреслює обмеженість однопоточної архітектури, яку проявляє ця модель [27].

Raspberry Pi 5 демонструє значні покращення у тих самих тестових умовах. У багатопоточному режимі продуктивність зростає до рівня 4165 подій на секунду, що на понад 40% перевищує результат попередньої моделі. Це свідчить про серйозний технологічний прорив завдяки модернізованому процесору та вдосконаленій архітектурі. Водночас у середовищах із обмеженою кількістю потоків нова модель також демонструє покращення — досягаючи 1065 подій на секунду, що вказує на її підвищену ефективність навіть у менш інтенсивних сценаріях [27].

Загальна картина чітко показує, що Raspberry Pi 5 значно переважає Raspberry Pi 4 в усіх аспектах навантаження, особливо в багатопоточних задачах. Цей приріст є ключовим для використання в таких сферах, як серверні додатки, віртуалізація або складні обчислювальні завдання, які вимагають максимальної продуктивності паралельної обробки. Одночасно поліпшення роботи з однопоточними сценаріями робить Raspberry Pi 5 більш універсальним рішенням, здатним ефективно справлятися з широким спектром задач, зокрема такими, що потребують високої швидкодії при малому навантаженні.

Результати тесту переконливо демонструють технологічну еволюцію між поколіннями цих платформ, підкреслюючи переваги оновлення до Raspberry Pi 5 для користувачів з високими вимогами до обчислювальної потужності.

Окрім цього, Raspberry Pi 5 підтримує до 8 ГБ оперативної пам'яті, що дає змогу працювати з великими файлами та запускати сервіси, необхідні для ефективного функціонування NAS. Низьке енергоспоживання (10-15 Вт) та компактні розміри роблять цю платформу ідеальним вибором для тривалої роботи в режимі 24/7, що є стандартом для серверів зберігання даних.

## 2.2 Вибір накопичувача та порівняння їх характеристик

Впровадження жорстких дисків (HDD) та твердотілих накопичувачів (SSD) у контексті створення мережевого сховища даних на базі платформи Raspberry Pi 5 істотно впливає на показники продуктивності, стабільності та загальної надійності системи. Рішення щодо вибору між цими двома категоріями накопичувачів передбачає врахування компромісу між швидкістю доступу до інформації, обсягом зберігання даних, енергетичною ефективністю та загальною вартістю реалізації.

HDD демонструють переваги у вигляді великої ємності за відносно низьку ціну кожного гігабайта, що робить їх прийнятним вибором для сценаріїв, які потребують значних обсягів зберігання при обмежених фінансових ресурсах. Однак наявність механічних елементів визначає їх довший час доступу до даних та нижчу швидкість передачі у порівнянні з SSD. Для Raspberry Pi 5, який оснащений інтерфейсом USB 3.0, використання HDD забезпечує максимальну пропускну здатність у діапазоні 100–150 МБ/с, чого достатньо для задоволення базових потреб домашніх або малих офісних файлових серверів (NAS). Разом з тим механічний характер HDD підвищує ризик виникнення технічних несправностей через вібрації чи зношування рухомих компонентів, що може суттєво знизити стабільність системи за умов інтенсивного використання[28].

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

SSD, своєю чергою, завдяки відсутності рухомих частин характеризуються високою надійністю та значно меншим часом латентності при доступі до даних. У конфігурації з USB 3.0 інтерфейсом пристрою Raspberry Pi 5 вони здатні досягати швидкості передачі понад 400 МБ/с, що забезпечує помітно кращу продуктивність під час операцій читання й запису. Це особливо актуально для роботи з великим обсягом дрібних файлів або в умовах багатокористувацького середовища. Крім того, SSD характеризуються кращою енергоефективністю, що сприяє зменшенню теплового випромінювання та сприяє підвищенню довговічності апаратного забезпечення [31]. Основними недоліками SSD залишаються їх вища ціна за гігабайт пам'яті та обмежений цикл перезапису, хоча сучасні моделі забезпечують достатній запас довговічності для задоволення більшості практичних вимог.

Для зручності аналізу представлених характеристик основні параметри використання HDD та SSD у рамках мережевого сховища на платформі Raspberry Pi 5 структуруються у вигляді таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Порівняння основних параметрів використання HDD та SSD у NAS

Характеристика	HDD	SSD
Швидкість передачі даних	100-150 МБ/с	300-500+ МБ/с
Надійність	Механічні деталі піддаються зношуванню	Відсутність рухомих частин, більша довговічність
Вартість за гігабайт	Низька	Вища
Енергоспоживання	Вищий через механічні компоненти	Нижче, ефективніше
Температурний режим	Вища тепла генерація	Менше тепла
Вага і габарити	Більші, важчі	Компактні, легкі

Стабільність роботи сховища за використання HDD і SSD у контексті Raspberry Pi 5 можна представити у вигляді графіка, де відображена частота помилок доступу до даних або збоїв протягом певного періоду активного навантаження. Такий графік чітко показує, що SSD забезпечують значно нижчий рівень збоїв завдяки відсутності механічних компонентів, що стає особливо помітним при інтенсивній експлуатації (рисунок 2.3).

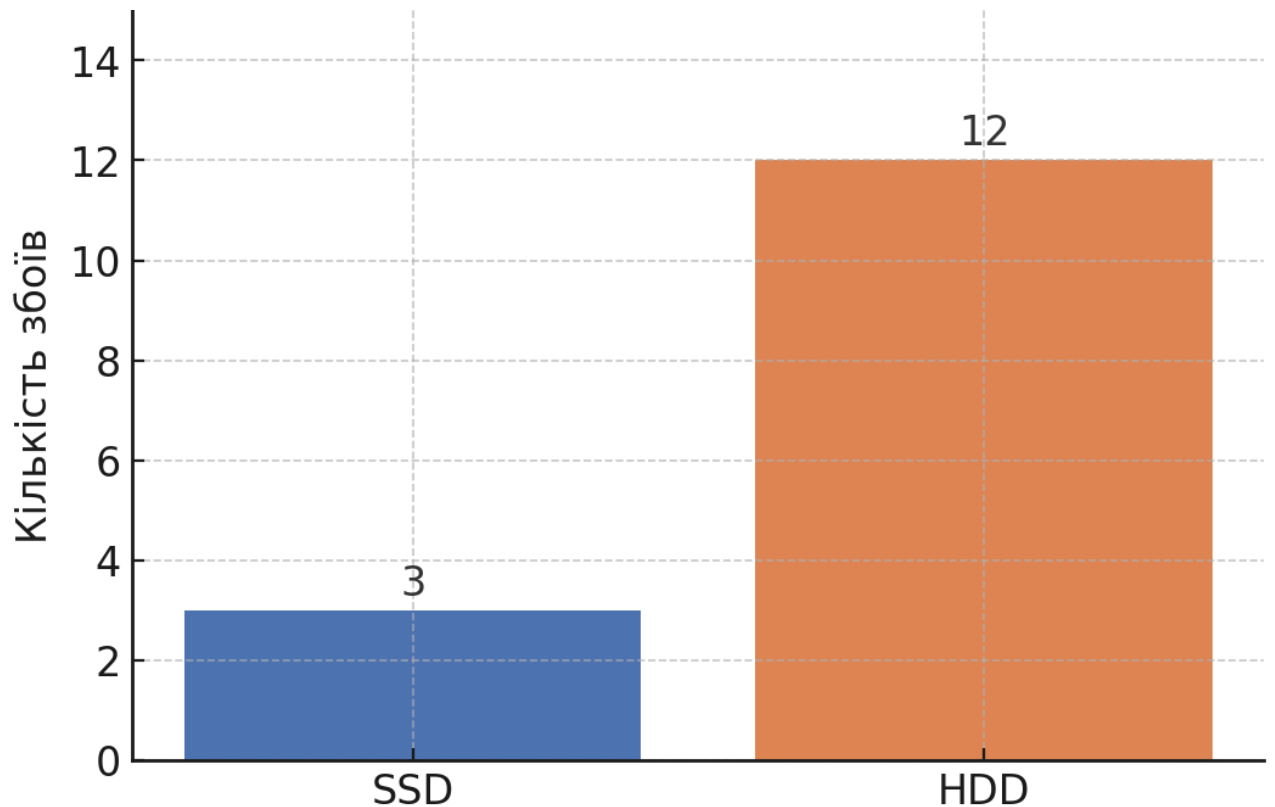


Рисунок 2.3 – Порівняння стабільності роботи HDD і SSD

Вибір між HDD та SSD для NAS на базі Raspberry Pi 5 визначається вашими пріоритетами. Якщо головна мета це отримати максимальну ємність за мінімальну ціну при допустимій продуктивності, то HDD стане оптимальним рішенням. У випадках, коли на перший план виходять швидкість, надійність і енергоефективність, SSD запропонує більш комфортне користування, хоча й потребуватиме значно більших витрат.

Для проєкту мережного сховища даних на платформі Raspberry Pi 5 доцільно ретельно підібрати накопичувачі, що оптимально поєднують продуктивність, довговічність та економічну доцільність. У цьому контексті розглядаються три моделі жорстких дисків (HDD) та три моделі твердотільних накопичувачів (SSD), які часто рекомендуються для подібних систем.

Перший із представлених HDD це Western Digital Red Plus об'ємом 4 ТБ, спеціально розроблений для мережесих систем зберігання даних, адаптований до роботи у режимі 24/7 (рисунок 2.4).



Рисунок 2.4 – Western Digital Red Plus[8]

Диск характеризується швидкістю обертання шпинделя 5400 оборотів на хвилину, кеш-пам'яттю обсягом 256 МБ та інтерфейсом SATA III. Його ключовими перевагами є висока надійність та знижений рівень шуму, що робить його оптимальним для використання у домашніх і невеликих офісних NAS-системах. Продуктивність диска у передачі даних становить близько 150 МБ/с, що відповідає типовим показникам для цього класу пристроїв.

Другий HDD це Seagate IronWolf об'ємом 6 ТБ, також призначений для мережесих сховищ, відомий своєю швидкістю обертання 5900 оборотів на хвилину, кешем 256 МБ та аналогічним інтерфейсом SATA III (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Seagate IronWolf[9]

Ця модель вирізняється інтеграцією технологій, що підвищують довговічність при високих робочих навантаженнях і забезпечують баланс між продуктивністю та надійністю. Максимальна швидкість передачі даних оцінюється в 180 МБ/с, що дещо перевищує показники Western Digital Red Plus [35].

Третій HDD це Toshiba N300 об'ємом 4 ТБ, розроблений спеціально для використання у NAS-середовищах, характеризується високою частотою обертання шпинделя (7200 оборотів на хвилину) та кешем на 128 МБ (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Toshiba N300[10]

Завдяки таким характеристикам диск забезпечує продуктивність передачі даних до 200 МБ/с. Водночас підвищена швидкодія супроводжується вищими показниками енергоспоживання та тепловиділення, що слід враховувати при проектуванні системи охолодження [35].

Щодо SSD, першим представником є Samsung 870 EVO із об'ємом 1 ТБ. Це один із найпопулярніших варіантів SATA SSD на ринку, що має високу швидкість послідовного читання та запису до 560 МБ/с і 530 МБ/с відповідно (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Samsung 870 EVO[11]

Додатковими перевагами є тривала експлуатаційна довговічність, висока надійність, а також підтримка технологій енергозбереження та захисту даних.



Рисунок 2.8 – Crucial MX500[12]

Другий SSD це Crucial MX500 об'ємом 1 ТБ належить до тієї ж категорії SATA SSD і демонструє аналогічні швидкісні характеристики: послідовне читання досягає 560 МБ/с, а запис – 510 МБ/с.[36] Водночас ця модель виділяється вигідним співвідношенням ціни і якості, а також інтегрованою функцією шифрування даних, що забезпечує додатковий рівень безпеки інформації в NAS-системах (рисунок 2.8)

Останній серед розглянутих SSD це Western Digital Blue SN570, який є твердотілим накопичувачем NVMe стандарту PCIe 3.0 із об'ємом пам'яті 1 ТБ. Цей пристрій пропонує значно вищі показники продуктивності: швидкості послідовного читання та запису сягають 3500 МБ/с та 2300 МБ/с відповідно (рисунок 2.9).



Рисунок 2.9 – Western Digital Blue SN570[13]

Однак через апаратні обмеження Raspberry Pi 5 (наприклад, підтримка інтерфейсу USB 3.0), використання потенціалу цього SSD стає недоцільним у цій платформі, хоча він може бути ефективним для інших систем.[37]

Нижче представлена таблиця 2.5 з ключовими характеристиками цих накопичувачів.

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Основні характеристики накопичувачів

Модел ь	Об'є м	Швидкість обертання/інтерф ейс	Ке ш	Послідов на швидкіст ь читання (МБ/с)	Послідов на швидкіст ь запису (МБ/с)	Призначення
Western Digital Red Plus	4 ТБ	5400 об/хв, SATA III	256 МБ	~150	~150	NAS, 24/7 робота
Seagate IronWo lf	6 ТБ	5900 об/хв, SATA III	256 МБ	~180	~180	Високі навантаження, NAS
Toshib a N300	4 ТБ	7200 об/хв, SATA III	128 МБ	~200	~200	Висока продуктивність NAS
Samsun g 870 EVO	1 ТБ	SATA III	N/ A	560	530	Надійний SATA SSD
Crucial MX500	1 ТБ	SATA III	N/ A	560	510	Економний та безпечний SSD
WD Blue SN570	1 ТБ	NVMe PCIe 3.0	N/ A	3500	2300	Високошвидкіс ний NVMe SSD

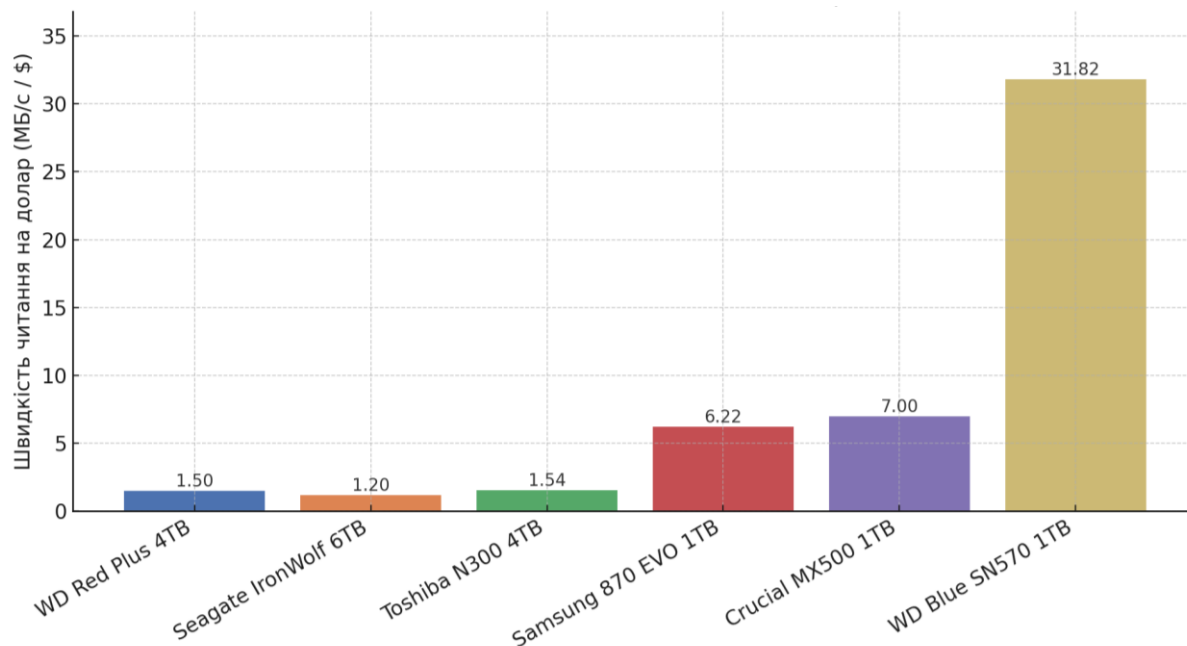


Рисунок 2.10 – Ефективність Накопичувачів NAS На Raspberry Pi 5

Цей графік ілюструє продуктивність обраних накопичувачів, що використовуються у NAS-системі на основі Raspberry Pi 5. На вертикальній осі відображено співвідношення швидкості читання (у мегабайтах за секунду) до вартості (у доларах), що дозволяє оцінити, скільки продуктивності отримує користувач за кожен вкладений долар (рисунок 2.10).

Згідно з цими даними, найбільш оптимальними з точки зору ефективності є SSD моделі Crucial MX500 та Samsung 870 EVO: вони демонструють високу швидкість читання за відносно доступну ціну. У свою чергу, WD Blue SN570 має найвищу швидкість серед представлених пристроїв, проте її ефективність знижується через високу ціну. Крім того, через обмеження інтерфейсів Raspberry Pi 5 накопичувач не розкриває свій повний потенціал [38].

Серед жорстких дисків найкращим вибором за співвідношенням ціни та продуктивності виявився Toshiba N300. Хоча загалом HDD значно поступаються SSD за цим параметром, даний накопичувач забезпечує прийнятний баланс. Натомість Western Digital Red Plus показує найнижчу ефективність серед HDD, але залишається відповідним для завдань, де ключовими вимогами є довговічність і надійність при помірному рівні продуктивності.

### 2.3 Система охолодження

Для ефективної роботи Raspberry Pi 5 у складі мережевого сховища важливо забезпечити належне охолодження, адже під значними навантаженнями цей одноплатний комп'ютер може істотно нагріватися. Високі температури впливають як на стабільність системи, так і на її тривалість роботи. Існує кілька типів систем охолодження, кожна з яких має свої особливості, переваги та недоліки, які варто враховувати при виборі.

Пасивне охолодження базується на використанні радіаторів із матеріалів із відмінною теплопровідністю, таких як алюміній або мідь. Радіатори встановлюються на нагрівальні елементи процесора чи чіпсети для розсіювання тепла. Важливими перевагами такого варіанту є повна безшумність і відсутність необхідності в додатковому живленні. Однак ефективність пасивного охолодження напряму залежить від розміру радіатора і зовнішніх умов. Через це воно може бути недостатньо результативним за тривалого високого навантаження, характерного для мережевих сховищ (рисунок 2.11).

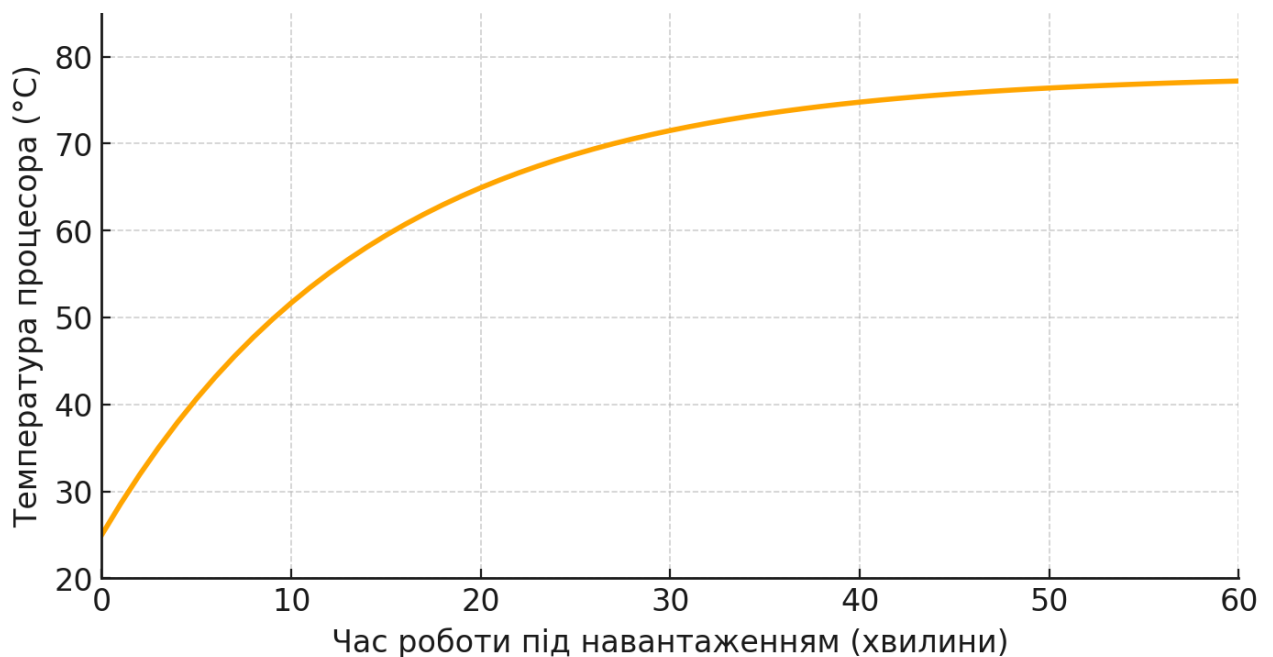


Рисунок 2.11 – Пасивне Охолодження Raspberry Pi 5

Активне охолодження використовує вентилятори для примусового переміщення повітря, що підвищує інтенсивність тепловідведення. Такий підхід дозволяє підтримувати оптимальну температуру навіть при значному навантаженні, що позитивно позначається на стабільності та продуктивності пристрою. Активне охолодження може реалізовуватись за допомогою окремих вентиляторів або спеціальних корпусів із вбудованими системами вентиляції. Проте недоліками можуть бути шум під час роботи вентиляторів і потреба в додатковому живленні (рисунок 2.12).

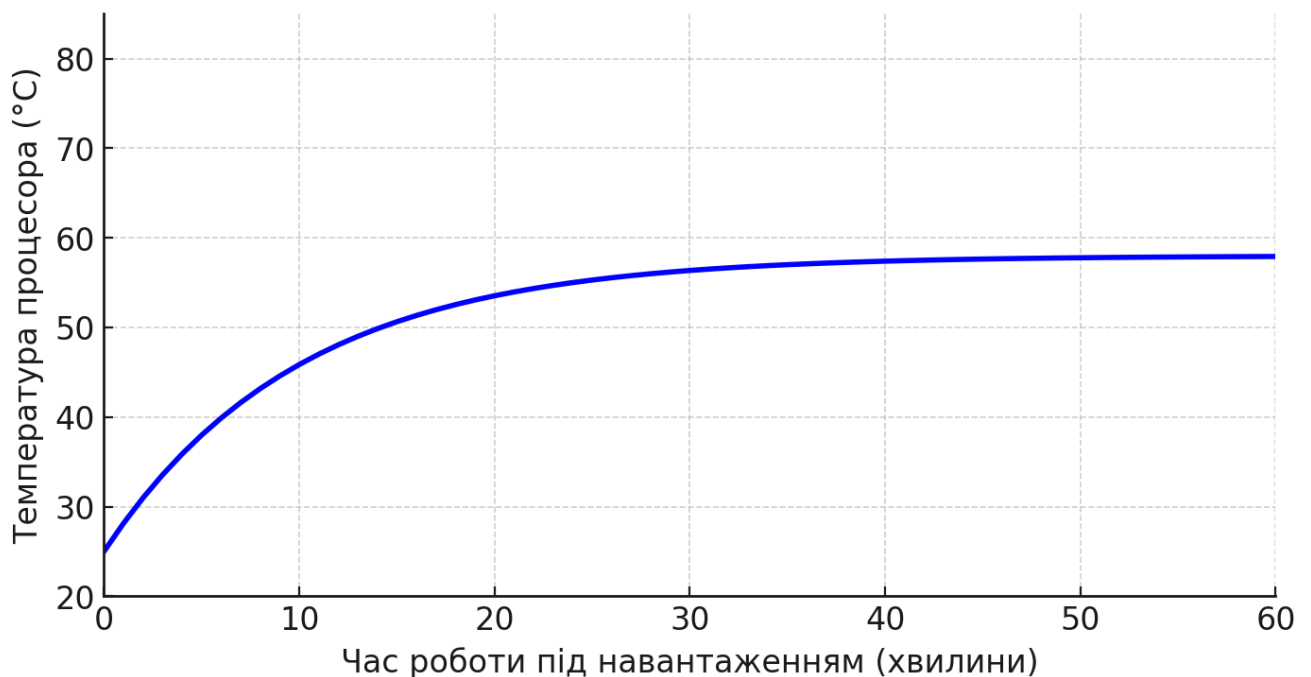


Рисунок 2.12 – Активне Охолодження Raspberry Pi 5

Третій варіант це комбіноване охолодження що об'єднує радіатори з вентиляторами, забезпечуючи оптимальний баланс між ефективністю тепловідведення та рівнем шуму. Такі системи часто використовуються в компактних корпусах із добре продуманою вентиляцією, що дає змогу підтримувати стабільну температуру пристрою навіть в обмеженому просторі (рисунок 2.13).

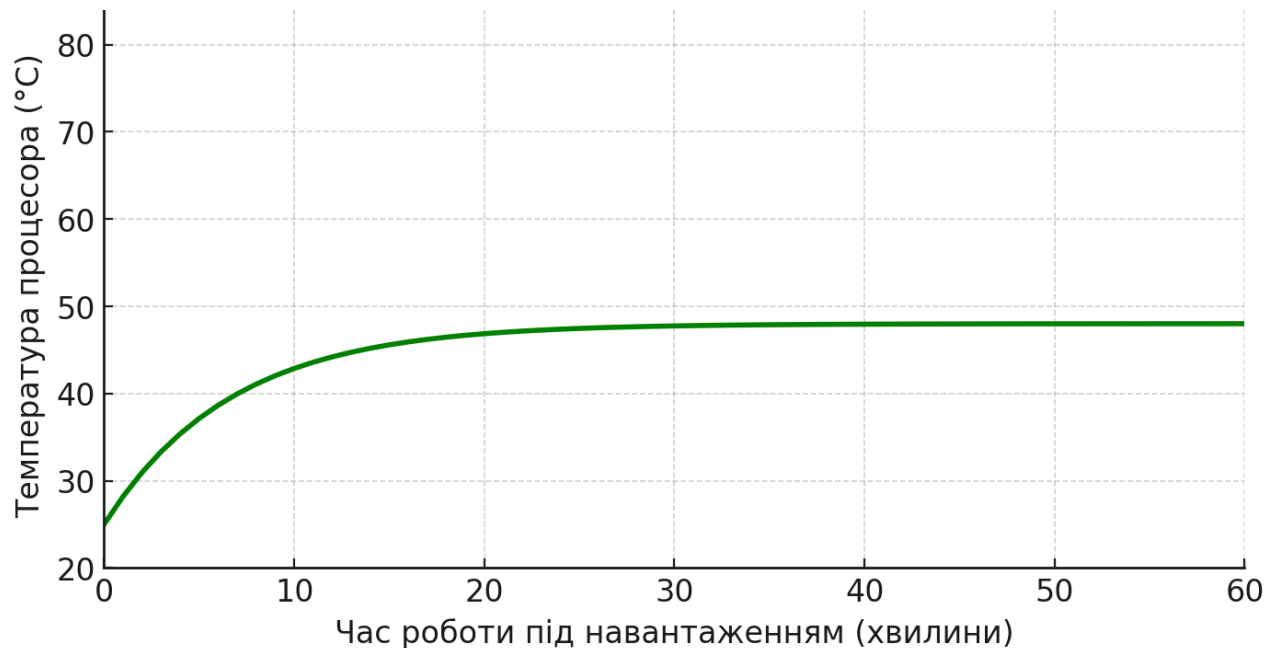


Рисунок 2.13 – Комбіноване Охолодження Raspberry Pi 5

Для зручного аналізу основних характеристик різних систем охолодження наведено порівняльну таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Порівняння варіантів систем охолодження

Варіант охолодження	Ефективність тепловідводу	Рівень шуму	Вартість	Надійність	Енергоспоживання
Пасивне	Помірна	Відсутній	Низька	Висока	Відсутнє
Активне	Висока	Помірний/високий	Середня	Середня	Потрібне
Комбіноване	Дуже висока	Помірний	Вища	Висока	Середнє

Для забезпечення тривалої та ефективної експлуатації в ролі мережевого сховища даних (NAS) доцільно обирати інтегровані рішення, які оптимально

поєднують ключові технічні характеристики, сприяють досягненню високої продуктивності та забезпечують стабільність функціонування системи.

## 2.4 Висновки до другого розділу

У другому розділі було детально проаналізовані основні аспекти реалізації проєкту, включаючи вибір апаратної платформи, типи накопичувачів, системи охолодження, а також оцінку продуктивності та стабільності роботи системи.

На початку дослідження акцент було зроблено на характеристиках Raspberry Pi 5 як бази для побудови мережевого сховища даних. Ця модель вирізняється потужним ARM Cortex-A76 процесором, достатнім обсягом оперативної пам'яті та сучасними інтерфейсами, такими як USB 3.0 і Gigabit Ethernet, що дозволяє створити ефективне рішення для домашнього чи невеликого офісного NAS [41]. У порівнянні з попередньою моделлю Raspberry Pi 4 відзначено помітне підвищення продуктивності, особливо у багатозадачних операціях, що є вагомим фактором для роботи з великими обсягами даних і забезпечення багатокористувацького доступу.

Важливим аспектом стала оцінка накопичувачів, які підходять для такого типу рішень. Проаналізовано три популярних моделі HDD та SSD з огляду на їх технічні характеристики, швидкодію, надійність і вартість. Встановлено, що HDD залишаються економічно доцільними для зберігання значних обсягів інформації при обмеженому бюджеті, однак значно поступаються SSD за швидкістю доступу та стабільністю роботи. SSD, особливо моделі Samsung 870 EVO і Crucial MX500, забезпечують високу продуктивність і надійність, що позитивно позначається на швидкодії всього NAS. Проте їхня ціна за гігабайт пам'яті є вищою, ніж у HDD. Для зручного порівняння співвідношення ціни й продуктивності створено графічну візуалізацію, що дало змогу обрати найбільш оптимальні варіанти для конкретної реалізації [42].

Окрему увагу приділено системам охолодження Raspberry Pi 5. Були досліджені три підходи: пасивний, активний і комбінований типи охолодження.

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівняння враховувало ефективність теплообміну, рівень шуму, енергоспоживання та надійність. За результатами аналізу температурних графіків встановлено, що пасивне охолодження не може забезпечити належний рівень тепловідведення під час інтенсивних навантажень. Активне охолодження демонструє суттєве покращення температурного режиму, тоді як комбінована система показала найкращі результати. Вона дозволяє утримувати температуру процесора на низькому рівні, продовжуючи експлуатаційний ресурс пристрою й забезпечуючи стабільність роботи NAS навіть при високих навантаженнях.

На основі проведених досліджень сформовані ключові рекомендації з побудови мережевого сховища даних із використанням Raspberry Pi. Оптимальним варіантом є застосування середньооб'ємних SSD-дисків для забезпечення високої швидкодії, використання комбінованих систем охолодження та сучасної моделі Raspberry Pi 5, яка має достатню потужність для сучасних задач зі збереження й обробки даних.

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНА РЕАЛІЗАЦІЯ МЕРЕЖЕВОГО СХОВИЩА ДАНИХ НА ОСНОВІ RASPBERRY PI

#### 3.1 Перший етап реалізації проєкту – апаратна збірка

На першому етапі реалізації дипломного проєкту головним завданням стала фізична збірка пристрою. До цього входило підключення всіх основних апаратних компонентів і забезпечення їх стабільної роботи. Особливу увагу було приділено правильному підключенню обладнання та організації ефективної системи охолодження, зокрема для центрального процесора та накопичувачів, що схильні до значного нагрівання під час тривалої роботи. Перегрів може погіршити стабільність функціонування системи і скоротити її термін служби, тому критично важливо було запобігти подібним ризикам.

Перший крок полягав у підключенні модуля Penta SATA Nat до мікрокомп'ютера Raspberry Pi 5. Цей модуль дозволяє одночасно приєднувати кілька накопичувачів, значно розширюючи обсяг зберігання даних і надаючи можливість побудови RAID-масивів, які підвищують надійність і швидкодію системи. З'єднання забезпечував гнучкий кабель, що, хоча й зручний у використанні, дуже чутливий до механічних впливів.

Особливу увагу приділяли обережності під час роботи з кабелем. Через його крихкість неправильне або надто сильне з'єднання могло призвести до пошкодження контактів, що загрожувало як працездатності кабелю, так і функціонуванню модуля та самого Raspberry Pi. Кабель потрібно було вставляти точно й без надмірного натискання, уважно стежачи за правильною орієнтацією контактів, щоб уникнути збоїв у роботі та забезпечити надійне з'єднання.

Крім технічної акуратності, важливим аспектом була оптимальна фізична конфігурація компонентів. Завдяки компактним розмірам Raspberry Pi 5 правильне розташування обладнання на платі мало вирішальне значення для уникнення можливих конфліктів між підключеннями, забезпечення простору для кабелів та нормальної вентиляції.

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаткова увага приділялась організації кабелів і компонентів таким чином, щоб забезпечити максимальну циркуляцію повітря в пристрої. Це було особливо важливо для елементів, схильних до перегріву, насамперед процесора та накопичувачів під високими навантаженнями. Використання системи активного охолодження дозволило ефективно знижувати температуру і гарантувати стабільну роботу пристрою в режимі безперервної експлуатації. (рисунок 3.1, рисунок 3.3).



Рисунок 3.1. – Підключення Raspberry Pi до Penta Sata Hat [2]

### 3.2 Модифікація системи охолодження.

У ході збирання виявилась проблема сумісності наявного пасивного радіатора з модулем Penta SATA Hat. Через обмежений простір між радіатором та самою платою виникла необхідність встановлення компактного вентилятора, що дало змогу зберегти належний тепловідвід.

Для цього довелося видалити кілька секцій ребер радіатора. Ця модифікація не вплинула критично на загальну ефективність охолодження, оскільки потужність вентилятора компенсує втрати площі тепловідведення. Водночас відмова від встановлення охолодження взагалі призвела б до перегріву процесора, що могло б зменшити продуктивність або спричинити нестабільну роботу пристрою, особливо під навантаженням (рисунок 3.2).

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

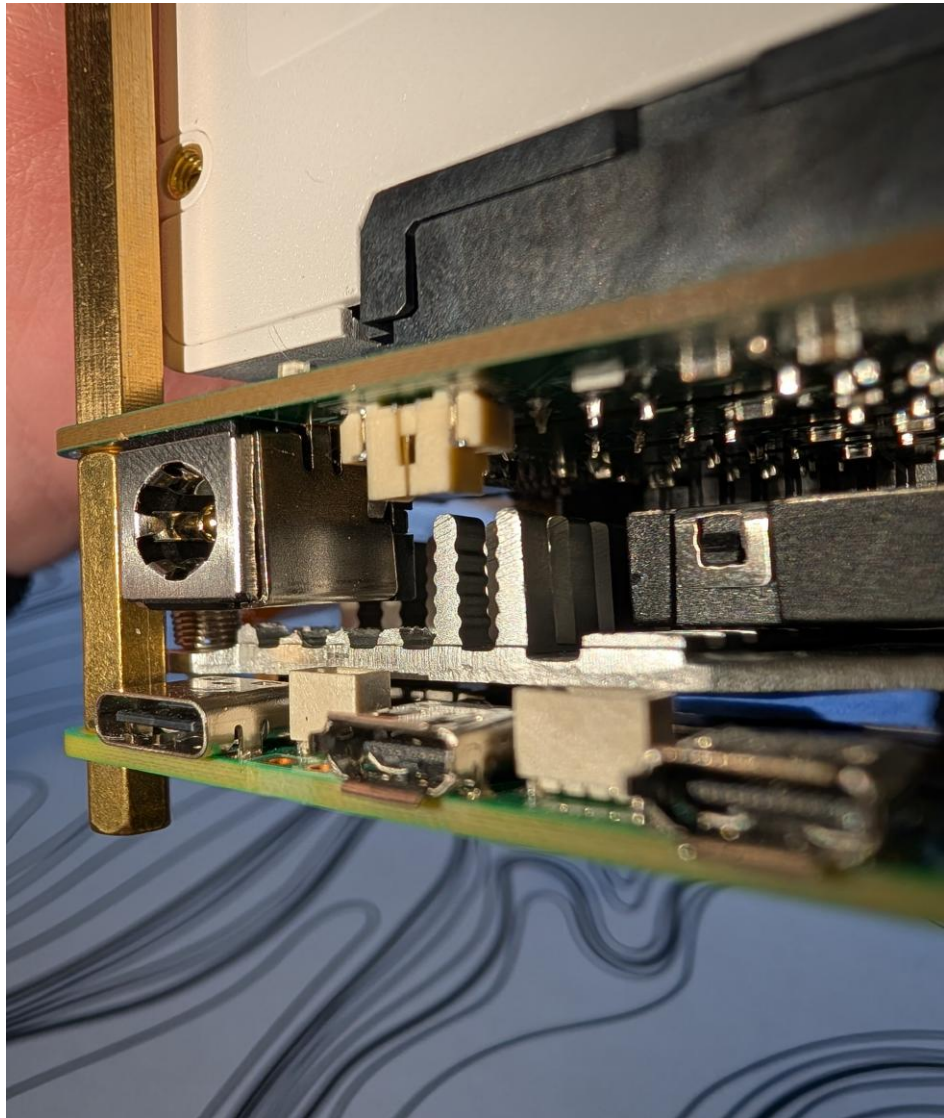


Рисунок 3.2 – Вигляд з боку модифікованого охолодження.

Після успішного підключення Penta SATA Nat наступним кроком стало встановлення твердотільних накопичувачів (SSD). Їх було розміщено у відповідних портах модуля та закріплено за допомогою акрилових стійок, що забезпечують не лише фізичну стабільність, а й деяку вентиляцію між модулями (рисунок 3.4).

На цьому саму збірку можна було б закінчувати та переходити до програмної складової але самим SSD теж не завадить своє охолодження оскільки при роботі вони можуть сильно грітисся.

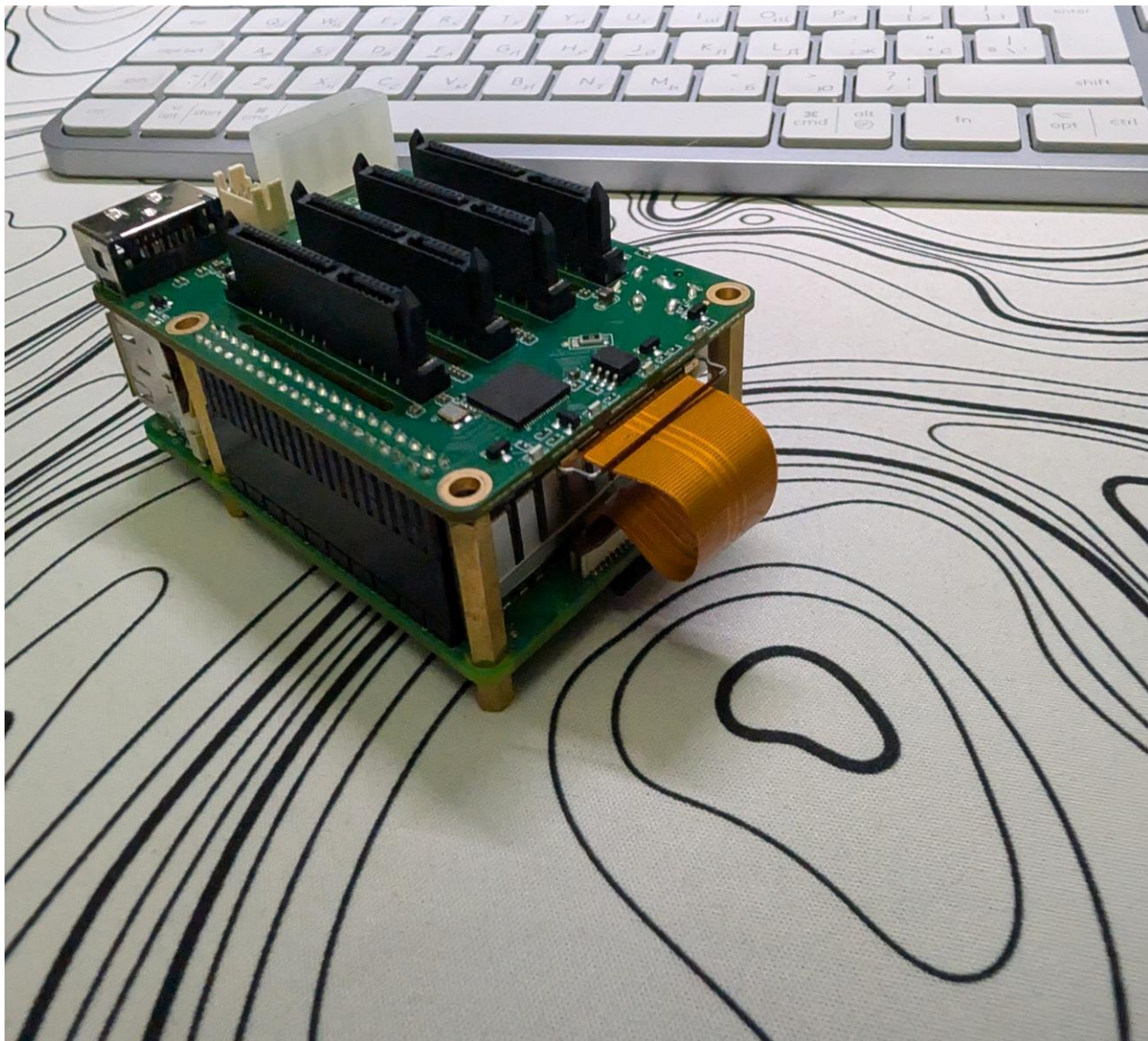


Рисунок 3.3 – Зображення підключеної плати.

У процесі тестування пристрою було виявлено, що під час інтенсивного зчитування та запису даних SSD накопичувачі значно нагріваються. Температура деяких накопичувачів досягала критичних значень (понад  $70^{\circ}\text{C}$ ), що може призводити до теплового тротлінгу — ситуації, коли накопичувач починає знижувати свою швидкість з метою уникнення перегріву.

					КвРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.4 – Зображення підключених SSD

Щоб уникнути зниження продуктивності та продовжити термін служби SSD, було прийнято рішення встановити додатковий верхній вентилятор, який спрямовує повітряний потік безпосередньо на накопичувачі. Вентилятор закріплюється над SSD за допомогою акрилової рами, що дозволяє зберегти загальну компактність конструкції (рисунок 3.5).

					КвРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Кінець таблиці 3.1

Температура під навантаження	час	73 °С	52 °С
Максимальна швидкість запису	швидкість	330 МБ/с	520 МБ/с
Максимальна швидкість зчитування	швидкість	385 МБ/с	530 МБ/с
Ознаки тротлінгу		Присутні	Відсутні

Як видно з таблиці, встановлення навіть простого вентилятора значно знижує робочу температуру SSD — в середньому на 20–25 °С. Завдяки цьому вдалося уникнути втрати продуктивності та забезпечити стабільну швидкість роботи накопичувача (рисунок 3.6).

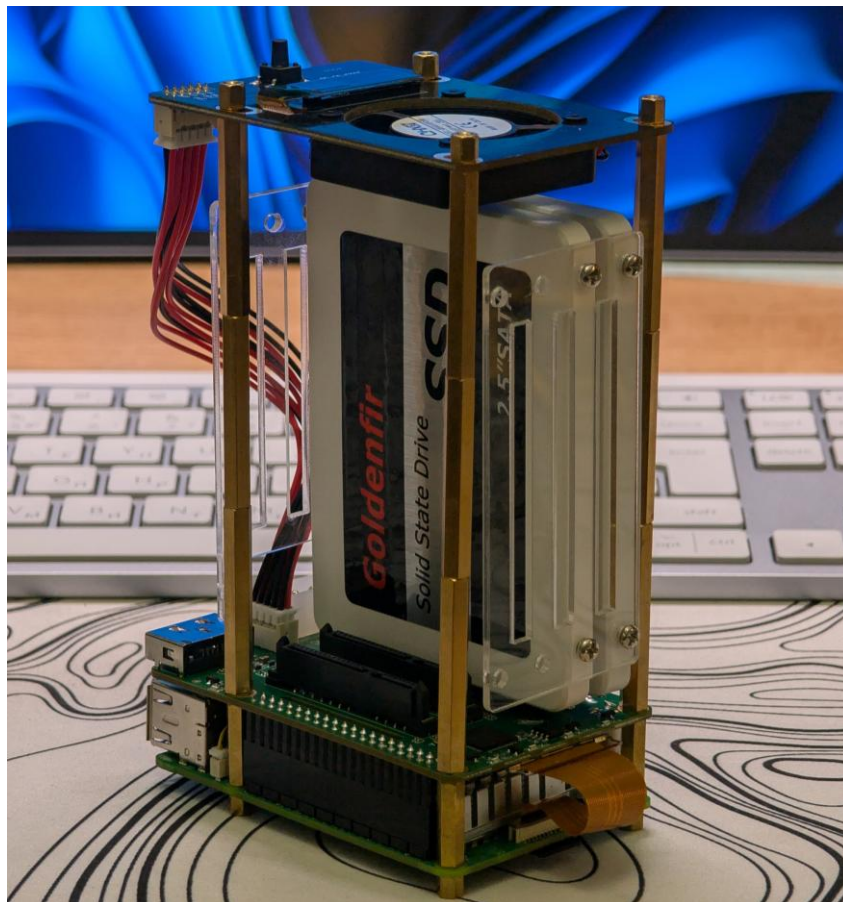


Рисунок 3.6 – Підключений верхній кулер для охолодження SSD.

Крім того, відсутність тротлінгу дозволяє пристрою довше працювати на максимальній продуктивності, що є критичним для використання у файлових серверах, NAS-системах або при обробці великих обсягів даних.

Таким чином, навіть у компактній збірці на базі Raspberry Pi використання активного охолодження для SSD є доцільним і виправданим з точки зору продуктивності, стабільності та надійності роботи пристрою в довгостроковій перспективі.

### 3.3 Підготовка програмного забезпечення.

Заключним етапом апаратної реалізації проєкту стало встановлення операційної системи, що є ключовим кроком для забезпечення стабільної та продуктивної роботи пристрою. З цією метою була використана офіційна утиліта Raspberry Pi Imager, яка забезпечує простий і швидкий процес інсталяції операційних систем для платформ Raspberry Pi. На цьому етапі була обрана модель плати Raspberry Pi 5, яка представляє останнє покоління лінійки пристроїв та демонструє значні вдосконалення у продуктивності й енергоефективності у порівнянні з попередніми версіями.

Для оптимального функціонування пристрою в умовах постійного навантаження та цілодобового режиму роботи було обрано операційну систему Raspberry Pi OS Lite (64-bit). Цей дистрибутив адаптований для серверного використання, оскільки не містить графічного інтерфейсу, що є важливою умовою підвищення ефективності системи. Відсутність графічної оболонки значно знижує споживання ресурсів, таких як обчислювальна потужність процесора та обсяг оперативної пам'яті, що має вирішальне значення для забезпечення безперебійного функціонування в режимі 24/7. Оскільки графічний інтерфейс потребує суттєвих системних ресурсів, його виключення дозволяє пристрою зосередитися виключно

					КвРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на серверних задачах. Це також сприяє зниженню енергоспоживання та підвищує загальну стабільність роботи системи.

Інсталяція Raspberry Pi OS Lite також дає змогу максимально реалізувати потенціал апаратного забезпечення без зайвих ресурсних витрат на графічні процеси. Завдяки цьому забезпечується висока продуктивність та зручне функціонування системи в умовах виконання складних завдань, таких як зберігання та обробка значних обсягів даних. Оптимізація операційної системи дозволяє досягти мінімального рівня енергоспоживання, що робить Raspberry Pi економічно ефективним вибором для створення серверних застосунків.

Таким чином, завершення цього етапу стало фінальним кроком апаратного налаштування системи, в результаті якого пристрій було повністю підготовлено до подальшого конфігурування та функціонування в ролі мережевого сховища даних. Використання Raspberry Pi OS Lite забезпечує стабільність, ефективність та надійність роботи системи, що дозволяє їй максимально якісно виконувати поставлені завдання у режимі безперервної експлуатації.

Система була записана на microSD-карту, після чого пристрій було завантажено. Подальше налаштування проводилося за допомогою віддаленого підключення через SSH (з використанням програми PuTTY), що дало змогу виконати оновлення всіх системних компонентів до актуальних версій. Це важливо з огляду на безпеку системи, оскільки дозволяє усунути відомі вразливості та підвищити загальну надійність (рисунок 3.7).

Після підключення SSD-накопичувачів до Penta SATA Hat виникла потреба в їх об'єднанні в RAID-масив, що дозволяє досягти вищої швидкодії та забезпечити збереження даних у разі виходу з ладу одного з дисків. Для цього була встановлена утиліта mdadm, яка забезпечує створення та адміністрування програмних RAID-рішень у Linux-середовищі (рисунок 3.8).

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

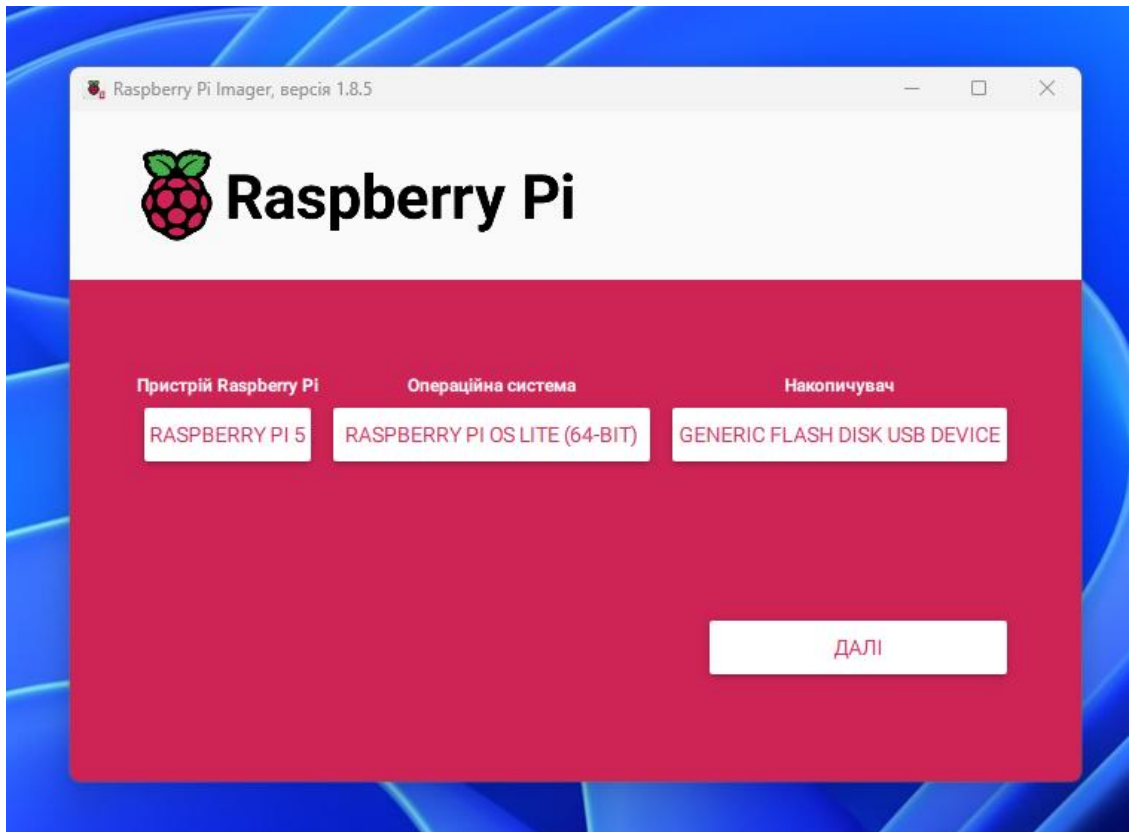


Рисунок 3.7. – Встановлення ОС на microSD карту.

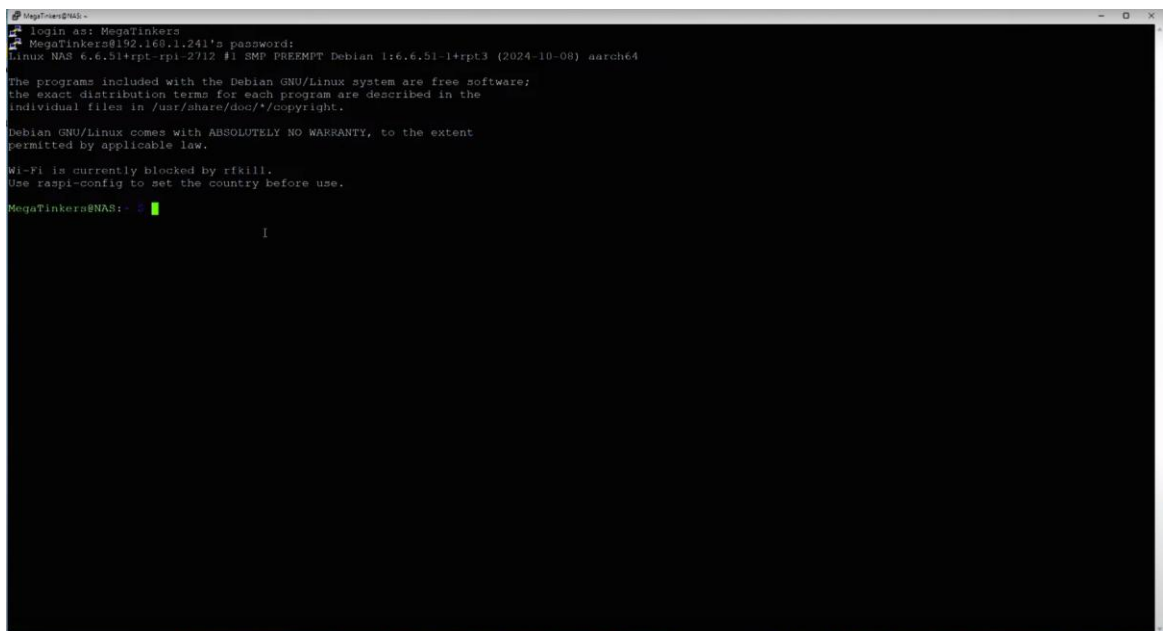


Рисунок 3.8. – Підключення через SSH (з використанням програми PuTTY).

Для повноцінного використання Raspberry Pi як NAS-сервера було встановлено OpenMediaVault. Процес включав завантаження офіційного

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





Рисунок 3.10. – Вигляд програми OpenMediaVault у браузері.

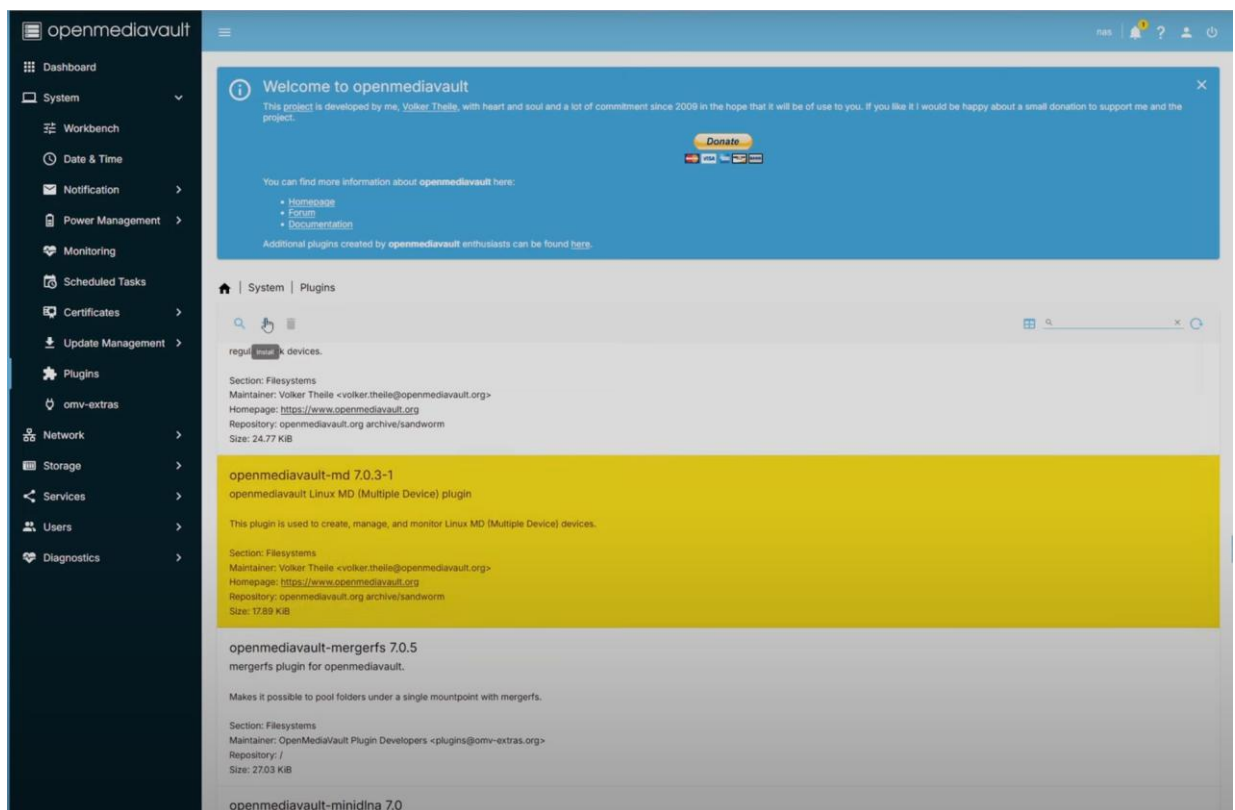


Рисунок 3.11. – Встановлення плагіна Multiple Devices.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ

Арк.  
52

Для зручності доступу до створеного сховища було виконано підключення спільного ресурсу до файлового провідника операційної системи Windows. Це дозволило інтегрувати NAS у робоче середовище як звичайний локальний диск.

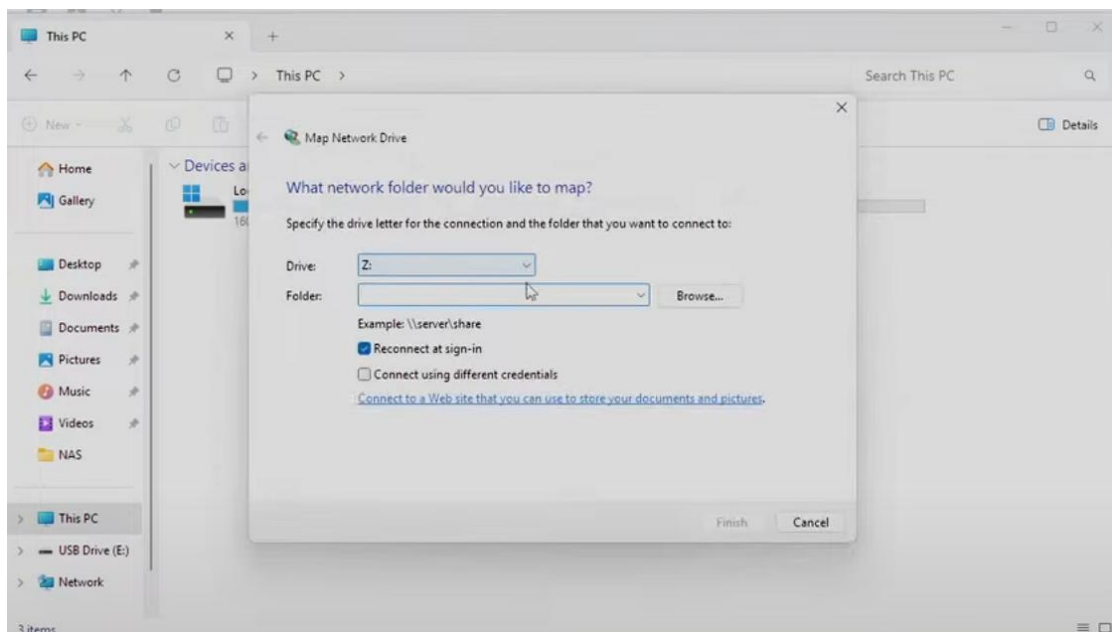


Рисунок 3.12. – Інтеграція NAS у робоче середовище як звичайний диск.

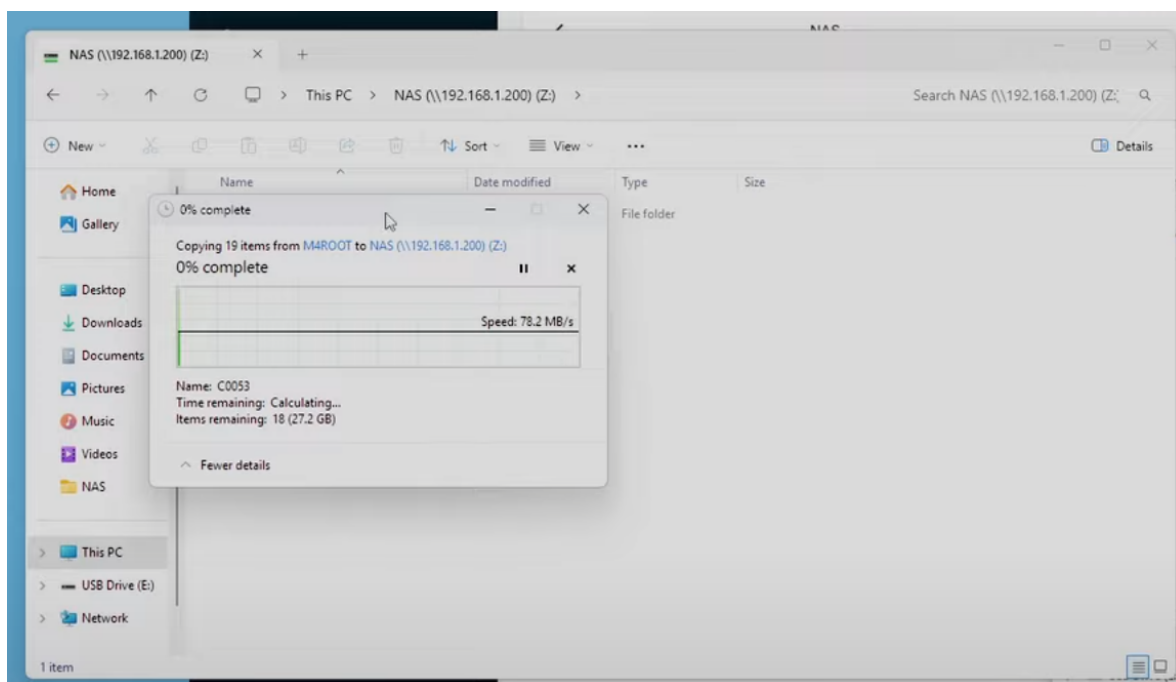


Рисунок 3.13. – Тестовий запис у сховище

Після завершення конфігурації проведено тестування швидкості передачі даних. Навіть при використанні Wi-Fi-з'єднання швидкість запису сягала приблизно 78 МБ/с, що свідчить про високу продуктивність. Це дає підстави стверджувати, що при переході на дротове Ethernet-з'єднання можна очікувати ще кращих показників передачі файлів.

### 3.4 Висновки до третього розділу

Отже, реалізація програмно-апаратного мережевого сховища на базі Raspberry Pi 5 показала, що недорогі та енергоефективні рішення можуть бути надзвичайно ефективними для створення NAS-серверів. Raspberry Pi 5, завдяки своїм поліпшеним характеристикам, таким як висока продуктивність і енергоефективність, стало ідеальною платформою для побудови потужного і стабільного серверного рішення для зберігання даних. Використання цієї платформи дозволяє досягти високої продуктивності навіть при обмежених ресурсах, що робить її ідеальним варіантом для малих і середніх підприємств або домашніх користувачів, які не хочуть інвестувати в дорогі сервери.

Для забезпечення надійності та ефективності сховища було використано програмне забезпечення OpenMediaVault, яке надає широкий спектр інструментів для управління зберіганням даних. Це програмне забезпечення є відкритим і має простий у використанні інтерфейс, що дозволяє без зусиль налаштувати систему і керувати нею. OpenMediaVault підтримує різноманітні функції, які роблять NAS-сервер потужним і гнучким, включаючи можливість налаштування RAID-масивів для підвищення надійності та продуктивності зберігання.

Інтеграція RAID-масиву стала важливим етапом у розробці системи. Використання RAID дозволяє збільшити швидкість зчитування та запису даних, а також забезпечити резервування даних, що підвищує їхню надійність. Ця технологія є ключовою для забезпечення цілісності даних у разі відмови одного з

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дисків, що особливо важливо при створенні системи для зберігання критичних даних.

Ще одним важливим елементом системи стало використання надійного SSD-сховища, що забезпечує високу швидкість доступу до даних і стабільність роботи навіть при високих навантаженнях. SSD-диски значно знижують час доступу до даних у порівнянні з традиційними HDD, що робить систему швидшою і ефективнішою.

У результаті, поєднання Raspberry Pi 5 з OpenMediaVault, RAID-масивом і SSD-сховищем дозволило створити високоєфективне, стабільне та економічно вигідне рішення для організації мережевого сховища даних, яке відповідає вимогам сучасних користувачів, потребуючих надійного та доступного способу зберігання даних.

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

## ВИСНОВКИ

У роботі за результатами виконаних теоретичних та практичних досліджень було розроблено ефективну та економічно вигідну систему мережевого сховища даних (NAS) на базі одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 5.

У першому розділі було проведено детальне дослідження сучасних хмарних сервісів для зберігання даних, таких як Google Drive, Dropbox, OneDrive та інші. Аналіз показав, що ці сервіси мають значні недоліки, зокрема низьку надійність, високу вартість і проблеми з конфіденційністю. Хоча хмарні рішення зручні для зберігання даних, вони піддаються різним технічним збоям та можуть бути вразливими до хакерських атак, що ставить під загрозу безпеку збережених даних. Крім того, для великих обсягів зберігання доводиться використовувати платні плани, що значно збільшує витрати користувачів. Також важливою проблемою є конфіденційність даних, оскільки багато хто не хоче довіряти збереження своїх особистих або бізнесових даних стороннім сервісам. Усе це підкреслює актуальність розробки власної альтернативи у вигляді NAS-системи, яка дозволяє зберігати дані в приватному середовищі з повним контролем над ними.

У другому розділі детально розглянуто вибір основних компонентів для створення NAS-системи. Було обрано платформу Raspberry Pi 5 завдяки її значним перевагам у порівнянні з попередніми моделями, таким як покращена продуктивність, енергоефективність і масштабованість. Raspberry Pi 5 дозволяє ефективно управляти великими обсягами даних і забезпечує стабільну роботу системи навіть при значному навантаженні. Для розширення сховища було інтегровано модуль Penta SATA HAT, який забезпечує підключення кількох жорстких дисків і створення RAID-масиву, що значно підвищує надійність і продуктивність системи. Усі ці компоненти працюють разом, дозволяючи створити надійну, швидку і масштабовану NAS-систему. Крім того, була впроваджена активна система охолодження, що забезпечує стабільну температуру компонентів навіть при тривалому використанні системи в режимі 24/7.

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Третій розділ зосереджений на описі програмно-апаратної реалізації NAS-системи на основі Raspberry Pi. В процесі практичних випробувань було підтверджено ефективність обраних рішень, що дозволило досягти високої продуктивності та надійності. Це дозволило створити систему, яка може використовуватися не лише в домашніх умовах, але й для невеликих підприємств, де важлива надійність і зручність у використанні. Розробка підтвердила, що використання Raspberry Pi з правильно підібраними компонентами може стати економічно вигідною альтернативою традиційним рішенням для зберігання даних

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Raspberry Pi 5. Raspberry Pi Foundation. 2023. URL: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-5/> (дата звернення: 13.05.2025).
2. Penta SATA HAT for Raspberry Pi 5. Pi Labs. 2023. URL: <https://docs.radxa.com/en/accessories/penta-sata-hat/penta-for-rpi5> (дата звернення: 14.05.2025).
3. System on Chip Architecture for Raspberry Pi. Raspberry Pi Foundation. 2022. Mode. of access: <https://www.raspberrypi.org/documentation/hardware/raspberrypi/system-on-chip>(дата звернення: 10.05.2025).
4. RAID (Redundant Array of Independent Disks). SERVER SOLUTION. 2023. URL: <https://surl.li/ysxjea> (дата звернення: 13.05.2025).
5. Cooling Systems for Raspberry Pi. Raspberry PiSugar. 2022. URL: <https://surl.li/jyoseh> (дата звернення: 12.05.2025).
6. Geerling J. The ULTIMATE Raspberry Pi 5 NAS. YouTube. 2024. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=l30sADfDiM8> (дата звернення: 07.05.2025).
7. SSD vs HDD for NAS: Which to Choose? Network Reddit.2022.URL [https://www.reddit.com/r/synology/comments/cj07b9/hdd\\_vs\\_sdd\\_for\\_new\\_nas/](https://www.reddit.com/r/synology/comments/cj07b9/hdd_vs_sdd_for_new_nas/)(дата звернення: 16.05.2025).
8. WD Red Plus 4 TB (WD40EFPX) огляд та ціни. Hotline.ua. 2023. URL: <https://hotline.ua/ua/computer-zhestkie-diski/wd-red-plus-4-tb-wd40efpx/> (дата звернення: 08.05.2025).
9. Seagate IronWolf огляд та ціни. Hotline.ua. 2023. URL: <https://surl.li/oysczz> (дата звернення: 08.05.2025).
10. Toshiba N300 огляд та ціни. Hotline.ua. 2023. : <https://surl.li/gzdhvn> (дата звернення: 08.05.2025).
11. Samsung 870 EVO огляд та ціни. Hotline.ua. 2023. URL: <https://surl.li/cc/usfipy> (дата звернення: 08.05.2025).
12. Crucial MX500 огляд та ціни. Hotline.ua. 2023. URL: <https://surl.li/zilbck> (дата звернення: 08.05.2025).

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. WD Blue SN570 1 TB огляд та ціни. Hotline.ua. 2023. URL: <https://surl.li/jpsime> (дата звернення: 08.05.2025).

14. How to Update the Firmware on your Raspberry Pi 5 The Pi Hut. 2023. URL: <https://thepihut.com/blogs/raspberry-pi-tutorials/how-to-update-the-firmware-on-your-raspberry-pi-5> (дата звернення: 13.05.2025).

15. RPi4 + Sata Hat for NAS Raspberry Pi Forums. 2023. URL: <https://forums.raspberrypi.com/viewtopic.php?t=336454> (дата звернення: 14.05.2025).

16. Core Electronics. Raspberry Pi 5 Vs Raspberry Pi 4 Model B | Comparison & Benchmarking YouTube. 2024. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=zUKYC0Cqn04> (дата звернення: 06.05.2025).

17. Implementing RAID with Raspberry Pi. Raspberry Pi Geek. 2022. URL: <https://acopen.umsida.ac.id/index.php/acopen/article/view/1965/450> (дата звернення: 14.05.2025).

18. Raspberry Pi 5 Cooling System and Overclocking. Pullub. 2023. Mode of access: <https://ph.pollub.pl/index.php/jcsi/article/view/2437> (дата звернення: 10.05.2025).

19. 3DUA. Як встановити Raspberry Pi NAS (мережеве сховище). <https://3dua.info/blogs/entry/27-yak-vstanoviti-raspberry-pi-nas-merezheve-shovishe/> (дата звернення: 17.05.2025).

20. YouTube. How To Make A Raspberry Pi NAS. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=WXKkqDZi5jc> (дата звернення: 5.05.2025).

21. YouTube. Create Hard Drive RAID on RaspberryPi By Combining. [https://www.youtube.com/watch?v=Y\\_11BCCqZSQ](https://www.youtube.com/watch?v=Y_11BCCqZSQ) (дата звернення: 5.05.2025).

22. PiNAS - the Raspberry Pi NAS. Instructables. URL: <https://www.instructables.com/PiNAS-the-Raspberry-Pi-NAS/> (дата звернення: 12.05.2025).

23. Raspberry Pi NAS. Instructables. URL: <https://www.instructables.com/Raspberry-Pi-NAS/> (дата звернення: 13.05.2025).

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24. Building a NAS on Raspberry Pi: Your Personal Cloud Storage. Projects Raspberry. URL: <https://projects-raspberry.com/nas-on-raspberry-pi/> (дата звернення: 14.05.2025). Build your own Raspberry Pi NAS Server. Pi My Life Up. URL: <https://pimylifeup.com/raspberry-pi-nas/> (дата звернення: 15.05.2025).

25. Building a network attached storage device with a Raspberry Pi. Opensource.com. URL: <https://opensource.com/article/18/7/network-attached-storage-Raspberry-Pi> (дата звернення: 16.05.2025).

26. How to Turn a Raspberry Pi into a Low-Power Network Storage Device. How-To Geek. URL: <https://www.mdpi.com/2079-9292/5/2/29> (дата звернення: 17.05.2025).

27. Understanding the Performance of Low Power Raspberry Pi Cloud for Big Data. The Pi. URL: <https://thepi.io/how-to-use-your-raspberry-pi-as-a-nas-box/> (дата звернення: 18.05.2025).

28. NAS (Network Attached Storage) Using Raspberry Pi. Instructables. URL: <https://www.instructables.com/NAS-Network-Attached-Storage-Using-Raspberry-Pi/> (дата звернення: 19.05.2025).

29. Build a Remote Storage Device with the Raspberry Pi. Circuit Basics. URL: <https://www.circuitbasics.com/making-a-nas-with-samba-and-raspberry-pi/> (дата звернення: 20.05.2025).

30. Set Up a Raspberry Pi NAS Server for Network File Sharing. TheLinuxCode. URL: [https://thelinuxcode.com/setup\\_nas\\_server\\_rasperberry\\_pi/](https://thelinuxcode.com/setup_nas_server_rasperberry_pi/) (дата звернення: 11.05.2025).

31. How to Build a Raspberry Pi NAS for File Sharing and Backups. TheLinuxCode. URL: <https://thelinuxcode.com/build-raspberry-pi-nas/> (дата звернення: 12.05.2025).

32. How to Build a Raspberry Pi NAS Server in 2021. Medium. URL: <https://jacobvandewalle.medium.com/how-to-build-a-raspberry-pi-nas-server-in-2021-7c513c24f4f6> (дата звернення: 13.05.2025).

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

33. My 2021-2022 winter break DIY project: Raspberry Pi 4B NAS with Geekworm NASPi storage kit. Reddit. URL: [https://www.reddit.com/r/raspberry\\_pi/comments/s04llq](https://www.reddit.com/r/raspberry_pi/comments/s04llq) (дата звернення: 14.05.2025).

34. A series on how I professionalized my home infrastructure with a cheap Raspberry Pi and a self-built NAS. Reddit. URL: <https://www.reddit.com/r/homelab/comments/m1syzq> (дата звернення: 15.05.2025).

35. Build an Awesome Raspberry Pi NAS for Home Media Streaming. Packet Mania. URL: <https://www.packetmania.net/en/2021/12/29/RPi-NAS-Plex/> (дата звернення: 16.05.2025).

36. Build a Raspberry Pi NAS. Raspberry Pi. 2024. URL: <https://www.raspberrypi.com/news/magazine-article/build-a-raspberry-pi-nas/> (дата звернення: 02.05.2025).

37. DIY NAS (Network-Attached Storage) with Raspberry Pi 5. Hackster.io. 2024. URL: <https://www.hackster.io/ElecrowOfficial/diy-nas-network-attached-storage-with-raspberry-pi-5-e91a37> (дата звернення: 07.05.2025).

38. NAS: A Guide to Build Your Own Budget-Friendly NAS. RaspberryTips. 2024. URL: <https://raspberrytips.com/nas-guide-raspberry-pi/> (дата звернення: 04.05.2025).

39. I Built a Home NAS with Raspberry Pi and OpenMediaVault. Lepczynski.it. – 2025. URL: <https://lepczynski.it/en/other/how-i-built-a-home-nas-with-raspberry-pi-and-openmediavault/> (дата звернення: 19.05.2025).

40. NAS with Raspberry Pi 5. Cytron. 2024. URL: [https://my.cytron.io/tutorial/NAS\\_with\\_rpi5](https://my.cytron.io/tutorial/NAS_with_rpi5) (дата звернення: 05.05.2025).

41. I Built A 4-Bay Raspberry Pi 5 Based NAS. The DIY Life. 2024. URL: <https://www.the-diy-life.com/i-built-a-4-bay-raspberry-pi-5-based-nas/> (дата звернення: 03.05.2025).

42. Як перетворити Raspberry Pi на NAS Linux. TechUkraine.net. 2024. URL: <https://techukraine.net/як-перетворити-raspberry-pi-на-nas-linux/> (дата звернення: 06.05.2025).

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

43. Створіть свій власний сервер NAS своїми руками за допомогою Raspberry Pi 4. TechUkraine.net. 2024. URL: <https://techukraine.net/створіть-свій-власний-сервер-nas-своїми/> (дата звернення: 11.05.2025).

44. Якщо у вас є Raspberry Pi, ви можете легко створити власний NAS. El Output. 2024. URL: <https://eloutput.com/uk/productos/gadgets/raspberry-pi-nas-ventajas-desventajas/> (дата звернення: 01.05.2025).

45. Лайфхаки: Raspberry Pi, найцікавіші проєкти для початківців. ProIT. 2024. URL: <https://proit.ua/laiifkhaki-raspberry-pi-naitsikavishi-proiekti-dlia-pochatktivsiv/> (дата звернення: 12.05.2025).

46. Best Raspberry Pi Projects: March 2025. Tom's Hardware. 2024. URL: <https://www.tomshardware.com/features/best-raspberry-pi-projects> (дата звернення: 08.05.2025).

47. OpenMediaVault Official Website. OpenMediaVault. – 2025. – URL: <https://www.openmediavault.org/> (дата звернення: 13.05.2025).

48. Чорний Р. В. Проектування та створення NAS в умовах розумного будинку на базі одноплатного комп'ютера Raspberry Pi 4: кваліфікаційна робота магістра. Харків: Харківський національний університет радіоелектроніки, 2023. 76 с. URL: <https://openarchive.nure.ua/bitstreams/8ffd21af-e183-4f17-bd75-dbb057a95fb9/download> (дата звернення: 05.05.2025).

49. MiniBoard. 1-bay NAS Kit v1.2 для NanoPi NEO. – 2024. – URL: <https://miniboard.com.ua/nabori/676-nanopi-1-bay-nas-dock-dlya-nanopi-neo.html> (дата звернення: 20.05.2025).

50. SunFounder. How to Build an Efficient Raspberry Pi NAS: A Complete Installation and Configuration Guide. 2024. URL: <https://www.sunfounder.com/blogs/news/how-to-build-an-efficient-raspberry-pi-nas-a-complete-installation-and-configuration-guide> (дата звернення: 19.05.2025).

					КВРКІ.022019.22.01.10 ПЗ	Арк. 62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		







# Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

**The maximum coincidence with one document 1.0%**

Dictionaries check: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Errors in the documents: 11%**

ID: 244062 Title: БКР Програмно-апаратне мережеве сховище даних на основі Raspberry Pi Added in a DB: 2025-06-06 Authors: Максим КУЗЬ Heads: Василь ЯЦКІВ Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	68783	520	460 (1%)	6 (1%)

### Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

## Протокол аналізу звіту подібності експертом

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

**Автор:** Максим КУЗЬ

**Співавтор:**

**Назва:** Кузь\_Програмно-апаратне мережеве сховище даних на основі Raspberry Pi

**Експерт:**

**Підрозділ:** Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

**Коефіцієнт подібності 1:** 3.2%

**Коефіцієнт подібності 2:** 1%

**Мікропробіли:** 13

**Заміна букв:** 1

**Інтервали:** 0

**Білі знаки:** 0

**Дата створення звіту:** 2025-06-06 18:56:11.0

**Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:**

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

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

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

**Обґрунтування:**

2025-06-07

Дата



Допент Андрій Нічепорук

експерт

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Кузь Максим Віталійович

Тема: Програмно-апаратне мережеве сховище даних на основі Raspberry Pi

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість листів креслень 3 Кількість сторінок записки 55

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: розробка програмно-апаратного мережевого сховища даних з використанням одноплатного комп'ютера Raspberry Pi, що забезпечує зручний, доступний та безпечний обмін і зберігання даних у локальній мережі

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

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі кваліфікаційної роботи проведено аналіз сучасних інтернет-рішень для побудови мережевого сховища даних на базі Raspberry Pi. Розглянуто апаратні платформи, програмні рішення (OpenMediaVault, Nextcloud, TrueNAS, DietPi), RAID-масиви різних рівнів, а також економічну доцільність реалізації NAS-систем у порівнянні з хмарними сервісами. В другому розділі виконано проектування програмно-апаратного NAS на основі Raspberry Pi а також розглянуто варіанти реалізації NAS-систем, виконано порівняльний аналіз, визначено оптимальну конфігурацію для домашнього користування. Обґрунтовано вибір апаратної платформи (Raspberry Pi 5), системи охолодження, накопичувачів (SSD, HDD) та мережевих інтерфейсів. Подано технічні характеристики, побудовано графіки продуктивності й ефективності. Проєкт базується на використанні відкритих рішень і сучасних енергоефективних компонентів.. В третьому розділі реалізовано прототип програмно-апаратного NAS. Встановлено та налаштовано програмне забезпечення для керування сховищем (OMV), інтегровано систему охолодження та RAID-масиви, змодельовано і

протестовано роботу системи. Показано, що NAS на базі Raspberry Pi забезпечує стабільну роботу у режимі 24/7 з прийнятною швидкістю доступу до даних. Проведено тестування з різними конфігураціями та варіантами накопичувачів. Реалізація демонструє практичне застосування новітніх технологій у галузі побудови персональних систем зберігання даних..

4. Позитивні сторони роботи: висока практична цінність роботи.

5. Негативні сторони роботи: недостатня увага альтернативним рішенням.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи:

Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації.

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

8. Інші зауваження: \_\_\_\_\_

9. Оцінка дипломної роботи: добре

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

*Омешко Оксана Тригорівна, к. ед. наук,  
доцент каф. ІТЗ, УМУ*

"12" \_\_\_\_\_ 06 \_\_\_\_\_ 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри КІС  
д-р. філософії, доц. Ользі ПАВЛОВІЙ

Максима КУЗЯ

ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курсу, групи КІ2с-22-1

### ЗАЯВА

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

05.06 2025 року

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

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

Назва: Програмно-апаратне мережеве сховище даних на основі Raspberry Pi

Автор: Максим КУЗЬ

Спеціальність: 123– Комп'ютерна інженерія

Освітня програма: освітньо-професійна

Науковий керівник: Василь ЯЦКІВ, д.т.н, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

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 оформленні 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 StrikePlagiarism, складає 3.22%; та системою Anti-Plagiarism складає 0.12%, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри КІС

Василь ЯЦКІВ

Андрій Нічепорук

Ольга ПАВЛОВА