

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ

Група КІ-21-1

Урванцев Віктор

2025

Міністерство освіти і науки України
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
Факультет інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних систем і мереж

Урванцев Віктор

УДК 004.7

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

**Розробка комбінованої комп'ютерної мережі на основі маршрутизаторів
Cisco ISR 4331**

Комп'ютерна інженерія

(назва освітньої програми)

123 - Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Робота містить результати власних досліджень, використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело:

Здобувач освітнього ступеня Урванцев В.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача)

Науковий керівник Бабчук С. М., к.т.н., доц.
(підпис, прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання керівника)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри КСМ

д.т.н., професор С.І. Мельничук
(посада) (підпис) (дата) (ініціали та прізвище)

Івано-Франківськ – 2025 рік

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет інформаційних технологій

Кафедра комп'ютерних систем і мереж

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КСМ

_____ (С.І. Мельничук)

«05» травня 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Урванцеву Віктору

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) “Розробка комбінованої комп'ютерної мережі на основі маршрутизаторів Cisco ISR 4331”

керівник проекту (роботи) Бабчук С. М., к.т.н, доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 05.05.2025 № 275/7

2. Строк подання студентом роботи 12 червня 2025 р

3. Вихідні дані до роботи Матеріали і результати отримані під час проходження переддипломної практики, методичні вказівки, технічна література.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз предметної області та постановка завдання.

2. Розробка комп'ютерної мережі.

3. Практична реалізація локальної мережі.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Аркуш 1-2. Специфікація обладнання виробів і матеріалів, Аркуш

3. Структурна схема, Аркуш 4. План розташування обладнання і кабельних трас. Корпус А, Аркуш 5. Схема підключення, Аркуш 6. ТШ1-ТШ4

загальний вигляд.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Консультант | Підпис, дата |
|--------|-------------|--------------|
| | | |

7. Дата видачі завдання 29 січня 2025 р.

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Термін виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|-------|---|--|----------|
| 1 | <i>Аналіз предметної області та постановка завдання</i> | <i>Лютий, 2025</i> | |
| 2 | <i>Розробка комп'ютерної мережі</i> | <i>Березень, 2025</i> | |
| 3 | <i>Практична реалізація локальної мережі</i> | <i>Травень, 2025</i> | |
| 4 | <i>Оформлення пояснювальної записки</i> | <i>Червень, 2025</i> | |
| 5 | | | |

Студент _____
(підпис)

Урванцев В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Бабчук С. М.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В дипломній роботі було виконано комплексне проєктування комбінованої комп'ютерної мережі, побудованої на основі маршрутизаторів Cisco ISR 4331 із використанням дротових і бездротових технологій. На етапі теоретичного дослідження проведено аналіз актуальних підходів до створення подібних мережевих систем, систематизовано сучасні методи організації інформаційного обміну та засобів захисту даних, а також виконано огляд нормативної, технічної та наукової документації у цій галузі.

У другому розділі розроблено детальний проєкт топології комбінованої мережі, що базується на розширеній конфігурації типу «зірка». Спроєктовано вісім окремих підмереж з урахуванням ролей і доступу користувачів, виконано підбір активного обладнання, розрахунок необхідного адресного простору та впроваджено механізми безпеки VLAN, ізоляції гостей підключень і контролю портів.

Практична частина роботи охоплює розробку структурної схеми, організацію з'єднань між двома окремими корпусами підприємства, вибір кабельних систем, визначення розташування обладнання та реалізацію фізичних і логічних підключень. Забезпечено баланс між економічністю та пропускною здатністю мережі за рахунок поєднання оптоволоконних магістралей і витой пари в локальних сегментах.

Результати проєкту повністю відповідають заданим технічним вимогам і стандартам, створюють надійну, безпечну та масштабовану основу для інформаційної інфраструктури підприємства та підтверджують ефективність обраної мережевої моделі.

Ключові слова: комбінована мережа, маршрутизатор, IP-адресація, топологія «розгалужена зірка».

SUMMARY

The thesis involved the comprehensive design of a combined computer network based on Cisco ISR 4331 routers using wired and wireless technologies. At the theoretical research stage, an analysis of current approaches to creating such network systems was conducted, modern methods of organizing information exchange and data protection were systematized, and a review of regulatory, technical and scientific documentation in this area was conducted.

In the second section, a detailed design of the combined network topology based on an extended star configuration was developed. Eight separate subnetworks were designed taking into account user roles and access, active equipment was selected, the required address space was calculated, and VLAN security mechanisms, guest connection isolation, and port control were implemented.

The practical part of the work covers the development of a structural diagram, the organization of connections between two separate buildings of the enterprise, the selection of cable systems, the determination of equipment location, and the implementation of physical and logical connections. A balance between cost-effectiveness and network bandwidth is ensured by combining fiber-optic trunks and twisted pair in local segments.

The project results fully meet the specified technical requirements and standards, create a reliable, secure and scalable basis for the enterprise's information infrastructure and confirm the effectiveness of the selected network model.

Keywords: combined network, router, IP addressing, "split-star" topology.

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 5 |
| 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ..... | 7 |
| 1.1 Опис предметної області | 7 |
| 1.3 Постановка завдання | 13 |
| 2 РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ..... | 17 |
| 2.1 Реалізація топології комп'ютерної мережі..... | 17 |
| 2.2 Оцінка необхідної довжини кабелю..... | 20 |
| 2.3 Вибір активного обладнання для локальної мережі..... | 21 |
| 2.4 Схема IP-адресації для підмереж станцій SH..... | 26 |
| 2.5 План IP-адресації для мережевих підмереж маршрутизаторів SR..... | 31 |
| 2.6 Маршрутизація IP-пакетів..... | 33 |
| 2.7 Налаштування VLAN на рівні комутаторів..... | 34 |
| 2.8 Організація бездротового доступу в комп'ютерній мережі..... | 36 |
| 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ..... | 46 |
| 3.1 Вибір обладнання та матеріалів..... | 46 |
| 3.2 Структурна схема мережі..... | 48 |
| 3.3 Схема підключення обладнання та його розміщення в телекомунікаційних шафах..... | 53 |

| | | | | | | | |
|-----------|------|-----------------|--------|------|------------------------------|------|---------|
| | | | | | <i>БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ</i> | | |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | |
| Розроб. | | Урванцев В. | | | Лім. | Арк. | Акрушів |
| Перевір. | | Бабчик С. М. | | | 3 | 54 | |
| Реценз. | | Гарасимів В. М. | | | ІФНТУНГ КІ-21-1 | | |
| Н. контр. | | Лазорів А.М. | | | | | |
| Затверд. | | Мельничук С. І. | | | | | |

Розробка комбінованої комп'ютерної мережі на основі маршрутизаторів Cisco ISR 4331

| | |
|--|----|
| ВИСНОВКИ..... | 50 |
| ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА,,,,,,..... | 53 |
| ДОДАТКИ | |
| БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА | |

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 4 |

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій комп'ютерні мережі є невід'ємною складовою будь-якої організації чи підприємства. Зростання обсягів передавання даних, інтеграція з мобільними пристроями, вимоги до високої швидкості обміну інформацією та безперервного доступу до мережевих ресурсів зумовлюють необхідність впровадження комбінованих комп'ютерних мереж, що поєднують дротові та бездротові технології.

Особливе місце серед обладнання для побудови таких мереж займають маршрутизатори Cisco серії ISR 4331, які завдяки своїм функціональним можливостям забезпечують надійний, безпечний та гнучкий зв'язок між мережевими сегментами. Створення комбінованої мережі дозволяє підвищити продуктивність інформаційної системи організації, розширити функціональність мережевої інфраструктури та забезпечити високий рівень доступності даних для стаціонарних і мобільних користувачів.

Актуальність теми полягає в тому, що постійне збільшення кількості пристроїв, що підключаються до мережі, а також потреба в мобільності та оперативному доступі до ресурсів вимагають впровадження комбінованих комп'ютерних мереж, що поєднують дротові з'єднання та бездротові технології. Використання маршрутизаторів Cisco ISR 4331 дозволяє створити масштабовану, безпечну та продуктивну мережу для забезпечення стабільної роботи інформаційної системи підприємства. Актуальність роботи полягає у підвищенні ефективності мережевої інфраструктури шляхом впровадження комбінованої топології з сучасним обладнанням.

Об'єкт дослідження – процеси проєктування та побудови комп'ютерних мереж підприємств з використанням маршрутизаторів Cisco ISR 4331.

Предмет дослідження – архітектура, структура та методи організації комбінованої комп'ютерної мережі на основі дротових та бездротових технологій із використанням маршрутизаторів Cisco ISR 4331.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 5 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

Мета роботи – розробити комбіновану комп’ютерну мережу на основі маршрутизаторів Cisco ISR 4331, яка забезпечуватиме стабільну, безпечну та продуктивну взаємодію між дротовими і бездротовими сегментами мережі для потреб підприємства.

В процесі виконання роботи передбачено виконати низку **задач**. Насамперед планується проаналізувати сучасні методи проектування комбінованих комп’ютерних мереж, які поєднують дротові та бездротові технології. Особливу увагу буде приділено дослідженню функціональних можливостей і технічних характеристик маршрутизаторів Cisco ISR 4331, визначенню їх переваг для впровадження у сучасну мережеву інфраструктуру.

Далі необхідно сформулювати перелік вимог до побудови мережевої інфраструктури підприємства, враховуючи потреби у підключенні стаціонарних комп’ютерів, серверів та мобільних пристроїв. На основі цих вимог буде розроблено структурну та фізичну топологію комбінованої комп’ютерної мережі, яка включатиме сегменти з використанням витої пари та Wi-Fi-з’єднань.

Важливим завданням стане налаштування маршрутизатора Cisco ISR 4331, зокрема конфігурація інтерфейсів, маршрутизації, VLAN-мереж та організація бездротового доступу.

Практична цінність полягає в розробці та впровадженні комбінованої комп’ютерної мережі, яка завдяки інтеграції дротових та бездротових технологій забезпечує високу надійність, масштабованість, гнучкість і безпеку інформаційної системи підприємства. Отримані результати можуть бути використані для модернізації або проектування мережевої інфраструктури на підприємствах, в офісах, навчальних закладах, а також у сервісних центрах.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 6 |

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Опис предметної області

У сучасному світі комп'ютерні мережі відіграють ключову роль у забезпеченні ефективної діяльності підприємств, установ, організацій та приватних осіб. Інформаційні системи, інтегровані у локальні та глобальні мережі, дозволяють швидко обмінюватися даними, організовувати колективну роботу, забезпечувати централізований доступ до ресурсів, управляти інформаційними потоками, а також підвищувати продуктивність бізнес-процесів та рівень обслуговування клієнтів. Зі стрімким розвитком цифрових технологій та збільшенням обсягів передавання даних зростає потреба у високошвидкісних, надійних і безпечних мережах, здатних ефективно обслуговувати як стаціонарні, так і мобільні пристрої.

Комп'ютерна мережа — це сукупність взаємопов'язаних між собою апаратних та програмних засобів, призначених для передавання, обробки, зберігання та обміну даними між користувачами та пристроями. Основне призначення комп'ютерної мережі полягає в організації колективного доступу до інформаційних ресурсів, програмного забезпечення, мережевих сервісів та периферійного обладнання, що дозволяє оптимізувати робочі процеси та забезпечити оперативність обробки інформації.

На сучасному етапі розвитку ІТ-галузі існує кілька типів комп'ютерних мереж залежно від їх масштабу, призначення, швидкості та технологій реалізації. Найпоширенішими є локальні (LAN), глобальні (WAN) та бездротові (WLAN) мережі. Зважаючи на актуальні потреби організацій у мобільності, гнучкості та продуктивності, все більшої популярності набувають комбіновані комп'ютерні мережі, що поєднують у собі дротові та бездротові технології передавання даних.

Комбінована комп'ютерна мережа — це інформаційна мережа, яка одночасно використовує як дротові канали зв'язку (наприклад, виту пару,

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 7 |

оптоволокну), так і бездротові (Wi-Fi, Bluetooth, LTE) для підключення клієнтських пристроїв до мережевої інфраструктури. Такий підхід дозволяє об'єднати в єдину систему стаціонарні комп'ютери, сервери, мережеві принтери та інше обладнання з мобільними пристроями: ноутбуками, планшетами, смартфонами, що працюють у зоні покриття бездротової мережі.

Перевагою комбінованих мереж є їх гнучкість і мобільність, можливість швидкої організації доступу до ресурсів без необхідності прокладання додаткових кабелів, що особливо актуально в умовах розгалужених офісів, навчальних закладів, готелів, торговельних центрів, медичних установ і складських приміщень. При цьому дротова частина мережі забезпечує стабільність, високу швидкість передавання даних і мінімальний вплив перешкод, а бездротова — зручність і оперативність підключення мобільних користувачів.

Типова структура комбінованої мережі включає кілька основних елементів:

- Комутатори — забезпечують фізичне об'єднання пристроїв у дротовий сегмент мережі та управління передаванням даних між ними.
- Маршрутизатори — виконують функції маршрутизації пакетів між різними підмережами, забезпечують вихід в Інтернет, організовують VPN-з'єднання, контроль доступу, а також взаємодію з бездротовим сегментом.
- Точки бездротового доступу (Wi-Fi access points) — забезпечують підключення мобільних пристроїв до мережі без використання кабелю.
- Кабельна інфраструктура — структурована кабельна система (СКС), яка поєднує стаціонарні пристрої та активне мережеве обладнання.
- Сервери — виконують функції зберігання, обробки, захисту даних і надання спільних ресурсів.
- Пристрої користувачів — комп'ютери, ноутбуки, планшети, IP-телефони, системи відеоспостереження, принтери тощо.

Топологія комбінованих мереж зазвичай будується на основі зірки, дерева або комбінованої структури, де основні активні пристрої об'єднані

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 8 |

магістральними лініями, а клієнтські підключення здійснюються до периферійних комутаторів або точок доступу.

Комбінована комп'ютерна мережа виконує широкий спектр функцій:

- передавання інформації між користувачами та пристроями;
- забезпечення централізованого доступу до спільних ресурсів (файлових сховищ, принтерів, баз даних, програмних сервісів);
- організація доступу до зовнішніх мереж і Інтернету;
- реалізація політик безпеки та контроль доступу до інформаційних ресурсів;
- підтримка мобільного доступу до мережі з будь-якої точки зони покриття Wi-Fi;
- забезпечення інтеграції з хмарними сервісами та віддаленими підрозділами.

Останніми роками спостерігається активний розвиток мережевих технологій, що впливає на принципи побудови комбінованих мереж. Зокрема:

- підвищення пропускнуої здатності мережі завдяки впровадженню Gigabit Ethernet, 10 Gigabit Ethernet і Wi-Fi 6/6E;
- масштабування мережевої інфраструктури шляхом використання стекування комутаторів і маршрутизаторів;
- централізоване управління мережею через спеціалізовані програмні рішення та хмарні платформи;
- застосування віртуалізації мережевих функцій (NFV) для гнучкого налаштування сервісів;
- підвищення рівня безпеки за допомогою мережевої сегментації, впровадження міжмережевих екранів, систем виявлення вторгнень, контролю доступу на основі ролей та політик.

Одним із ключових аспектів під час розробки комбінованих комп'ютерних мереж є забезпечення інформаційної безпеки. Сучасна мережа повинна

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 9 |

гарантувати захист від несанкціонованого доступу, вірусних атак, витоку даних та інших кіберзагроз. З цією метою використовуються:

- засоби автентифікації та авторизації користувачів;
- міжмережеві екрани та фільтрація трафіку;
- політики доступу до мережевих ресурсів;
- VPN-тунелі для захищеного віддаленого доступу;
- сегментація мережі за допомогою VLAN;
- системи моніторингу та аудиту мережевої активності.

Серед основних переваг комбінованих комп'ютерних мереж можна виділити:

- високу гнучкість організації робочих місць;
- мобільність і доступність мережевих ресурсів із будь-якої точки покриття;
- стабільну та надійну передачу даних у дротовому сегменті;
- можливість швидкого підключення нових користувачів;
- централізоване управління мережею та її безпекою;
- зниження витрат на розгортання мережевої інфраструктури.

Таким чином, предметна область, пов'язана з розробкою комбінованих комп'ютерних мереж, охоплює сукупність питань, що стосуються організації ефективної інформаційної взаємодії між стаціонарними та мобільними пристроями, забезпечення надійного передавання даних, захисту інформації та управління мережею. Розвиток цифрових технологій та зростання вимог до гнучкості та мобільності мережевих рішень обумовлюють актуальність створення та впровадження комбінованих мереж для сучасних підприємств і організацій.

Організація комп'ютерних мереж, зокрема комбінованих, здійснюється відповідно до низки нормативних, технічних та правових документів, які регламентують принципи проектування, впровадження та експлуатації мережевої інфраструктури. Для опрацювання предметної області розглянемо такі категорії документації:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 10 |

– Технічна документація — містить специфікації обладнання, вимоги до мережевих пристроїв, інструкції з налаштування та експлуатації комутаторів, маршрутизаторів, точок доступу, структурованих кабельних систем (СКС). Вивчення цих документів дозволяє визначити параметри продуктивності, протоколи маршрутизації, стандарти інтерфейсів, типи роз’ємів і модулів.

– Нормативні документи — міжнародні стандарти ISO/IEC 11801:2017 (структуровані кабельні системи), IEEE 802.3 (Ethernet), IEEE 802.11 (Wi-Fi), рекомендації ITU-T з безпеки та управління мережами.

– Законодавчі та правові документи — в Україні побудова мереж здійснюється відповідно до Закону України «Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах», вимог Національного стандарту ДСТУ ISO/IEC 27001:2015 щодо управління інформаційною безпекою.

– Наукові та методичні джерела — монографії, статті, дисертації та навчальні посібники з проектування локальних і корпоративних мереж, системної інтеграції, захисту інформації.

В процесі опрацювання було систематизовано ключові параметри і вимоги, яким повинна відповідати сучасна комбінована комп’ютерна мережа, зокрема з урахуванням потреб бездротових технологій.

Аналіз предметної області дозволив виділити основні інформативні ознаки (параметри), які характеризують комп’ютерну мережу і визначають її функціональність:

– Продуктивність мережі (пропускна здатність каналів, кількість підключень, швидкість передавання даних)

– Типи використовуваних технологій (дротові — Ethernet, оптичні лінії; бездротові — Wi-Fi 4/5/6)

– Топологія мережі (зірка, дерево, гібрид)

– Наявність механізмів безпеки (авторизація, VPN, фаєрвол, сегментація VLAN)

– Кількість мережевих сегментів та їх призначення

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 11 |

- Типи і кількість активного обладнання
- Підтримка PoE (Power over Ethernet) для живлення точок доступу та IP-телефонів

- Можливість масштабування

До прикладу, типовий зразок документації:

- Специфікація структурованої кабельної системи з параметрами кабелю (Cat 5e, Cat 6), довжиною ліній, кількістю портів, типами комутаторів.

- Інструкція з налаштування точки доступу Wi-Fi з вказівкою параметрів безпеки WPA2 Enterprise, SSID, VLAN.

На основі огляду технічної, наукової та нормативної документації було проаналізовано сучасні методи і засоби побудови комбінованих мереж.

Апаратні засоби:

- комутатори 2-го та 3-го рівнів
- маршрутизатори з підтримкою VLAN, VPN, Wi-Fi інтеграції
- точки бездротового доступу Wi-Fi 5/6
- кабельні системи категорії не нижче 5e
- системи моніторингу та контролю

Програмні засоби:

- системи централізованого управління мережею (Cisco DNA Center, Ubiquiti Controller)
- програмні фаєрволи та VPN-сервери
- системи аудиту та контролю доступу
- Алгоритмічні методи:
 - динамічні протоколи маршрутизації (OSPF, EIGRP)
 - VLAN-сегментація для розподілу трафіку
 - алгоритми балансування навантаження
 - механізми безпеки на основі Access Control List

Переваги сучасних методів:

- висока продуктивність і надійність

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 12 |

- централізоване управління та моніторинг
- гнучка топологія
- підтримка бездротових та дротових пристроїв в одній мережі
- інтегровані засоби безпеки

Недоліки:

- висока вартість корпоративного обладнання
- складність налаштування і супроводу
- залежність продуктивності Wi-Fi від зовнішніх умов
- потреба у кваліфікованому персоналі

1.2 Постановка задачі

На основі проведеного аналізу предметної області, нормативної, технічної, наукової документації та характеристик сучасних комбінованих комп'ютерних мереж було сформульовано основну задачу роботи.

Метою є проектування комбінованої комп'ютерної мережі для умов підприємства, яка забезпечить високий рівень надійності, продуктивності, безпеки та можливість підключення як стаціонарних, так і мобільних користувачів.

В процесі виконання роботи передбачено виконати низку задач. Насамперед планується проаналізувати сучасні методи проектування комбінованих комп'ютерних мереж, які поєднують дротові та бездротові технології. Особливу увагу буде приділено дослідженню функціональних можливостей і технічних характеристик маршрутизаторів Cisco ISR 4331, визначенню їх переваг для впровадження у сучасну мережеву інфраструктуру.

Далі необхідно сформулювати перелік вимог до побудови мережевої інфраструктури підприємства, враховуючи потреби у підключенні стаціонарних комп'ютерів, серверів та мобільних пристроїв. На основі цих вимог буде

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 13 |

розроблено структурну та фізичну топологію комбінованої комп'ютерної мережі, яка включатиме сегменти з використанням витої пари та Wi-Fi-з'єднань.

Важливим завданням стане налаштування маршрутизатора Cisco ISR 4331, зокрема конфігурація інтерфейсів, маршрутизації, VLAN-мереж та організація бездротового доступу.

Для досягнення мети необхідно:

- здійснити технічний аналіз умов функціонування мережі;
- визначити перелік активного мережевого обладнання;
- розробити структурну та фізичну топологію комбінованої мережі;
- забезпечити налаштування бездротового та дротового сегментів;
- впровадити механізми безпеки та контролю доступу;
- провести тестування продуктивності та працездатності системи.

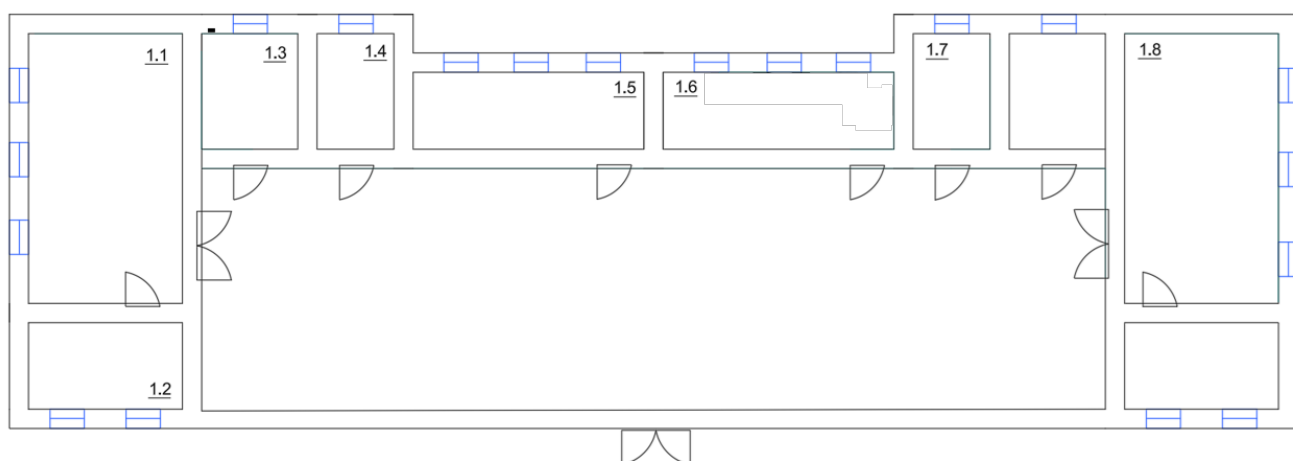


Рисунок 1.1 – План приміщення

Таким чином, сформована задача полягає в розробці та впровадженні комбінованої комп'ютерної мережі з урахуванням сучасних методів, апаратних і програмних засобів та відповідно до нормативно-правових вимог.

На основі плану приміщень блоку А (рис.1.1) та блоку Б необхідно розробити план розміщення робочих місць, обладнання, кабелів та іншого інвентарю.

Вихідні дані прийняті для виконання даної роботи:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 14 |

- Загальна кількість робочих станцій у мережі складає $N = 45$;
- Запланована кількість підмереж для цих станцій дорівнює $H = 8$;
- Виділено адресний простір для підмереж маршрутизаторів SR — 10.7.0.0/24.

- Для підмереж робочих станцій доступна адресація SH — 192.168.0.0/24.

У першому розділі роботи здійснено комплексний аналіз предметної області, що охоплює сучасні підходи до побудови комбінованих комп'ютерних мереж, які об'єднують у єдину інфраструктуру дротові та бездротові технології передавання даних. Охарактеризовано особливості організації подібних мереж, їх структуру, функціональні можливості, типові компоненти та актуальні тенденції розвитку. Здійснено огляд нормативної, технічної, законодавчої та наукової документації, яка регламентує процеси проєктування, впровадження та експлуатації мережевих інфраструктур відповідно до міжнародних стандартів і національних вимог.

На основі опрацювання літературних джерел і технічних специфікацій було систематизовано основні інформативні ознаки, які визначають ефективність роботи комп'ютерної мережі, а також виконано аналіз сучасних методів, апаратних, програмних і алгоритмічних засобів, що застосовуються для реалізації комбінованих мережевих рішень. Особливу увагу приділено перевагам і недолікам існуючих технологій, що дозволило обґрунтувати вибір оптимальних технічних і програмних засобів для побудови мережевої системи.

На основі проведеного огляду та технічного аналізу було сформульовано задачу дослідження, яка полягає в проєктуванні комбінованої комп'ютерної мережі з використанням дротових і бездротових сегментів, забезпеченні її надійності, продуктивності, інформаційної безпеки та гнучкості масштабування. Визначено перелік конкретних завдань, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети, включаючи розробку топології мережі, вибір активного обладнання, конфігурацію сегментів і налаштування механізмів захисту інформації.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 15 |

Таким чином, розділ створює теоретичну та методологічну основу для подальшої розробки комбінованої комп'ютерної мережі відповідно до сучасних стандартів і вимог підприємства.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 16 |

2 РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

2.1 Реалізація топології комп'ютерної мережі

Для організації комп'ютерної мережі було вирішено використати топологічну модель типу «розгалужена зірка». Проектована мережа передбачає інтеграцію сервера, активного мережевого обладнання (ЕОМ) та декількох підмереж, що матимуть різні параметри доступу й специфічні обмеження для користувачів і системного адміністрування.

В основі однієї гілки топології буде розташований комутатор другого рівня, який виконуватиме функції центрального вузла для під'єднання клієнтських пристроїв дротового сегмента. Іншим центральним елементом мережі стане бездротова точка доступу, що також слугуватиме маршрутизатором і проксі-перетворювачем між внутрішніми ресурсами локальної мережі та зовнішніми мережами загального доступу. Така організаційна структура дозволить приховати внутрішню мережеву інфраструктуру від зовнішніх підключень, забезпечуючи початковий рівень захисту, закладений безпосередньо на етапі проектування системи.

Комутатор, що використовується у складі мережі, крім базових функцій з'єднання пристроїв дротового сегмента, здатний реалізовувати розподіл мережі на віртуальні локальні мережі (VLAN). Такий функціонал є необхідним для розмежування трафіку адміністративного сектору й користувацької частини, що підвищує керованість і захищеність інформаційних потоків. Окрім цього, впровадження контролю доступу до портів комутатора дозволяє запобігати підключенню несанкціонованих пристроїв, адже активація портів для нових користувачів можлива виключно після відповідного погодження та дозволу адміністратора мережі.

Вихідні дані прийняті для виконання даної роботи:

- Загальна кількість робочих станцій у мережі складає $N = 45$;

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 17 |

- Запланована кількість підмереж для цих станцій дорівнює $N = 8$;
- Виділено адресний простір для підмереж маршрутизаторів SR — 10.7.0.0/24.

- Для підмереж робочих станцій доступна адресація SH — 192.168.0.0/24.

Відповідно до зазначених початкових даних, передбачено організувати єдину систему передачі даних, яка повинна забезпечити функціонування щонайменше 45 комп'ютерів ($N = 45$), що будуть логічно розділені на 8 підмереж.

Після поділу робочих станцій за підмережами, наступним етапом є створення графа загальної мережевої інфраструктури для передавання даних.

Для об'єднання комп'ютерів у межах кожної підмережі планується використати некеровані комутатори рівня L2 із 24 фізичними портами FastEthernet. Підключення кожної робочої станції виконуватиметься за допомогою UTP-кабелю категорії 5, що утворює повнодуплексне під'єднання у дротовому сегменті.

Із наявних 24 портів на комутаторі, частина буде задіяна для під'єднання користувацьких пристроїв, а один порт виділятиметься для зв'язку з основним маршрутизатором R ядра мережі. Решта портів можуть бути використані для каскадного підключення додаткового комутатора у разі подальшого розширення підмережі або залишатимуться в резерві. Для підвищення безпеки порти, що не використовуються, слід деактивувати за допомогою CLI (Command Line Interface).

На підставі сформованого графа мережі передбачено, що навантаження розподілятиметься між двома маршрутизаторами R, кожен із яких оснащений 10 FastEthernet-інтерфейсами. Забезпечення коректної маршрутизації між 8 підмережами гарантоване за наявності такого обладнання. Обидва маршрутизатори не лише обслуговують власні підмережі, а й виконують функції транзитних вузлів для маршрутизації даних між іншими підмережами, створюючи зв'язок через відповідні інтерфейси.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 18 |

Окрім того, для підтримки бездротового сегмента мережі використовуються два маршрутизатори. Один із них — Work — обслуговує пристрої співробітників, підключаючи їх до робочої Wi-Fi-мережі, а другий — Visitors — призначений для підключення клієнтів і відвідувачів. Обидва маршрутизатори функціонують на базі технології Wi-Fi, що забезпечує бездротовий зв'язок у мережевій інфраструктурі.

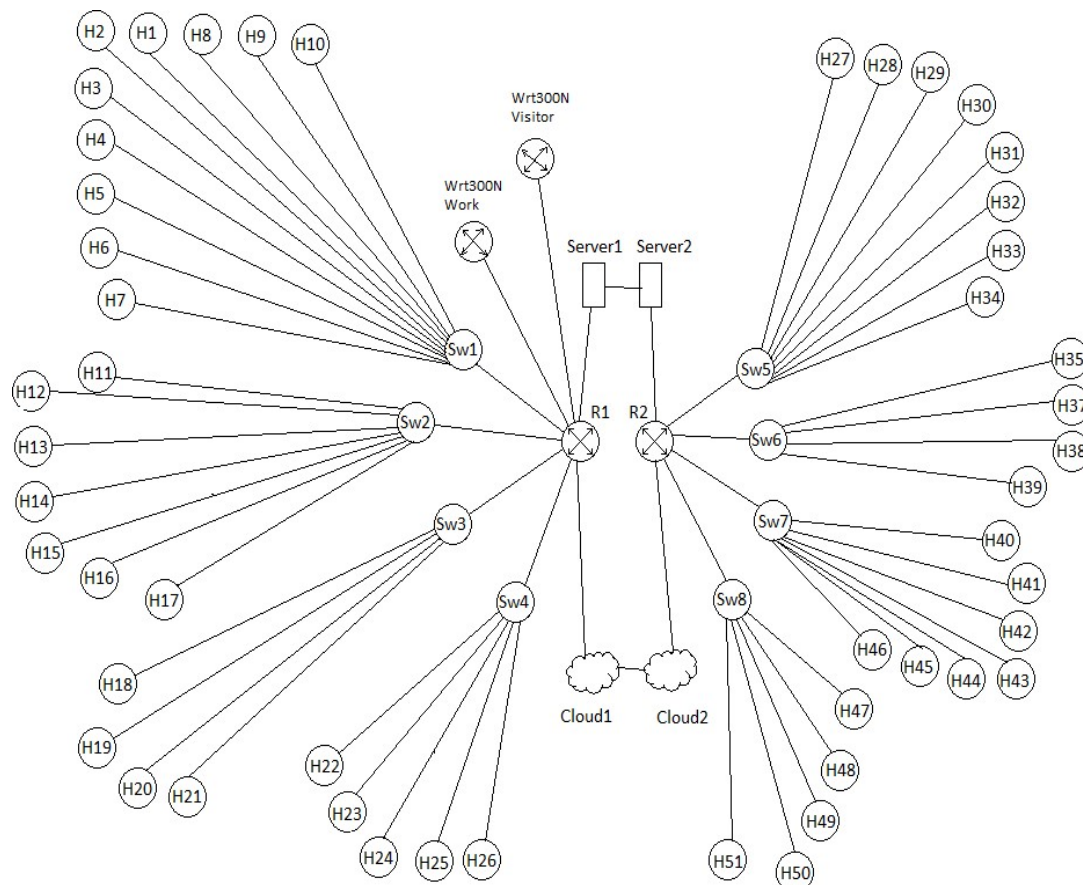


Рисунок 2.1 — Деталізована схема структури єдиної системи передачі даних

Розширений граф усієї мережі з відображенням підключених пристроїв, маршрутизаторів та комутаторів показано на рисунку 2.1 У цьому графі зазначені літерно-цифрові позначення для всіх елементів:

- H1-H51 — робочі станції;
- R1-R2 — маршрутизатори дротового сегменту;
- R3-R4 — бездротові маршрутизатори;

– SW1-SW8 — комутатори підмереж користувачських станцій.

Також позначені номери мережевих інтерфейсів маршрутизаторів і відповідні порти комутаторів, до яких підключено обладнання.

На основі побудованого графа можна визначити повний список необхідного обладнання для функціонування мережі. Для забезпечення коректної роботи запроєктованої мережі потрібні такі компоненти:

– 4 маршрутизатори: два з них оснащені 10 FastEthernet-інтерфейсами для роботи дротового сегмента, ще два — бездротові маршрутизатори для обслуговування Wi-Fi-підключень.

– 8 некерованих комутаторів, кожен з яких має 24 фізичні порти та підтримує повнодуплексну передачу FastEthernet з автоматичним узгодженням швидкості та режиму.

– По одній мережевій карті для кожної робочої станції, всього 51 мережева карта стандарту FastEthernet з підтримкою повнодуплексного режиму.

– Точка доступу Wi-Fi (AP), яка працює відповідно до стандартів 802.11b/g/n, що дозволяє організувати бездротовий доступ для співробітників та клієнтів.

– Базовою технологією для дротового сегмента обрано FastEthernet 1Гбіт/с, а в якості фізичного середовища застосовується неекранована кручена пара (UTP категорії 5e).

2.2 Оцінка необхідної довжини кабелю

Існує декілька підходів до визначення загальної довжини кабельної продукції для побудови локальної мережі. Серед найбільш поширених варто зазначити методику сумарного підрахунку та емпіричний підхід.

Перший варіант, так званий метод сумарного розрахунку, ґрунтується на поетапному вимірюванні довжини кабелю на окремих відрізках траси. Всі отримані значення потім додаються між собою. До підсумкової величини

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 20 |

додається технологічний резерв, що зазвичай становить до 10%, а також додатковий запас, необхідний для розведення кабелів у місцях встановлення розеток та в кросових панелях.

Альтернативно застосовується емпіричний підхід, який базується на використанні принципів центральної граничної теореми з ймовірнісно-статистичної теорії. Цей метод доцільний у випадках, коли в мережі є понад 30 робочих точок, і дозволяє робити обґрунтовані узагальнення щодо середньої довжини на одне з'єднання.

У межах цього проєкту, де мережа передбачає підключення 45 робочих місць, було вирішено використати метод сумарного розрахунку як найбільш раціональний і точний.

Відповідно до виконаного трасування компонентів мережі, необхідна кількість кабелю для забезпечення фізичного з'єднання склала орієнтовно 300 метрів із можливим відхиленням у межах ± 15 м, що враховує технологічний резерв.

2.3 Вибір активного обладнання для локальної мережі

Для реалізації структури локальної мережі було підібрано відповідне активне мережеве обладнання.

Cisco Catalyst 2960X-24PS-L — це керований комутатор з 24 гігабітними Ethernet-портами та підтримкою PoE, призначений для побудови надійної корпоративної мережі. Він оснащений двома SFP-портами для оптичних з'єднань, підтримує веб-інтерфейс і SNMP для адміністрування, монтується в 1U стійку, живиться від стандартної мережі 220 В і забезпечує базові функції рівня 2 з можливістю розширення через модуль стекування.

Комутатор забезпечує швидку передачу даних на швидкості до 1 Гбіт/с на кожному порту та підтримує живлення PoE/PoE+ з сумарним бюджетом до 370 Вт, що дозволяє підключати IP-телефони, точки доступу чи відеокамери без

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 21 |

додаткового живлення. Завдяки підтримці енергоефективних технологій та високій надійності, він ідеально підходить для використання в офісах, навчальних закладах або малих дата-центрах. Cisco 2960X-24PS-L також сумісний із системами централізованого управління, що спрощує масштабування та моніторинг мережі.



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд комутатора 2960X-24PS-L

Таблиця 2.1 – Характеристика комутатора 2960X-24PS-L

| Параметр | Значення |
|---|---|
| Бренд | Cisco |
| Тип пристрою | Комутатор керований |
| Кількість портів Fast Ethernet | Немає |
| Кількість портів Gigabit Ethernet (10/100/1000) | 24 |
| Кількість портів SFP+ | 2 (насправді 4 x 1G SFP, але часто використовується як 2 активні) |
| Інші порти | 2 x SFP, USB (Type A для конфігурації) |
| Моніторинг та конфігурування | WEB-інтерфейс, SNMP Manager, IEEE 802.3 Ethernet MIB |
| Можливість монтажу в стійку | 1U |
| Стекування | Немає (але підтримка FlexStack через додатковий модуль) |
| Живлення | AC 120/230 V (50/60 Hz) |
| Розміри, мм | 440 x 44 x 257 |
| Вага, г | 3810 |



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд маршрутизатора Cisco ISR 4331

Таблиця 2.2 – Характеристика маршрутизатора Cisco ISR 4331

| Параметр | Значення |
|----------------------|------------------------------|
| Бренд | Cisco |
| Тип пристрою | Маршрутизатор |
| Вхідний інтерфейс | 10/100/1000BASE-T Ethernet |
| Кількість LAN портів | 10 |
| Кількість WAN портів | 2 |
| Підтримка протоколів | PPTP, L2TP, PPPoE, DHCP, NAT |
| Підтримка VPN | Є |
| Веб-інтерфейс | Є |
| Розміри (мм) | 241 x 43 x 229 |
| Вага (г) | 1585 |

Cisco ISR 4331 — це потужний маршрутизатор для середніх офісів або філій, що поєднує в собі функції маршрутизації, безпеки, управління трафіком та сервісів. Він оснащений двома WAN-портами Gigabit Ethernet і чотирма LAN-портами, підтримує VPN, протоколи NAT, DHCP, PPPoE, а також шифрування

IPsec. Маршрутизатор побудований на модульній архітектурі, що дозволяє гнучко додавати нові інтерфейси та функціональні можливості.

ISR 4331 підтримує роботу з протоколами IPv4 і IPv6, має вбудовані засоби захисту, QoS, та забезпечує централізоване управління через веб-інтерфейс або Cisco DNA. Завдяки високій продуктивності, стабільності та масштабованості він є надійною основою для побудови безпечної та керованої мережі в організаціях.



Рисунок 2.4 – Зовнішній вигляд Wi-Fi роутера WRT300N

Linksys WRT300N — це бездротовий маршрутизатор стандарту Wi-Fi 802.11n, призначений для домашніх мереж і невеликих офісів. Він забезпечує передачу даних на частоті 2.4 ГГц із максимальною швидкістю до 300 Мбіт/с, підтримує чотири LAN-порти Fast Ethernet і один WAN-порт для підключення до інтернету.

Пристрій має простий веб-інтерфейс для налаштування, базові функції безпеки, такі як фільтрація MAC-адрес, NAT, гостьовий доступ, а також підтримує тунелювання VPN-протоколів (PPTP/L2TP passthrough). Завдяки двом зовнішнім антенам забезпечує стабільне покриття в межах квартири або невеликого офісу. На час свого випуску був одним із найпопулярніших рішень для недорогого та простого Wi-Fi-з'єднання.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 24 |

Таблиця 2.3 – Характеристика Wi-Fi роутера WRT300N

| Параметр | Значення |
|----------------------|---|
| Швидкість LAN портів | 1 Гбіт/с |
| Частота роботи Wi-Fi | 5 ГГц + 2.4 ГГц (дводіапазонний) |
| Інтерфейси | 1x1 Гбіт/сек WAN, 4x1 Гбіт/сек LAN, 1x USB 3.0 |
| Особливості | З віддаленим керуванням, Підтримання IPTV, Підтримка Beamforming, Підтримка технології MESH |
| Функції безпеки | Гостьовий доступ, Фільтрація MAC-адрес |
| Підтримка протоколів | PPTP, L2TP, IPsec, PPPoE, DHCP, NAT, DDNS, FTP, IPv4, IPv6, TCP |

Мережева розетка — це стаціонарний комутаційний елемент, який використовується для підключення мережевого кабелю до локальної комп'ютерної мережі. Вона зазвичай монтується в стіну, підлогу або кабель-канал і має один або кілька портів типу RJ-45, сумісних зі стандартом Ethernet.

Такі розетки забезпечують зручний і надійний фізичний інтерфейс між мережевим обладнанням (наприклад, комп'ютером або IP-телефоном) та структурованою кабельною системою. Їх використовують у офісах, навчальних закладах, дата-центрах та інших приміщеннях, де потрібне стаціонарне мережеве підключення з мінімальним ризиком пошкодження кабелів або нестабільного з'єднання.



Рисунок 2.5 - Мережева розетка

2.4 Схема IP-адресації для підмереж станцій SH

Для логічного розподілу адрес у сегменті, де розташовані робочі станції SH, було зарезервовано адресний діапазон 192.168.0.0/24. Для поділу цієї мережі використано префікс довжиною 28 біт ($24+4=28$). Таким чином, із загального простору виділено мережу 192.168.0.0/28, в якій два байти відведено під ідентифікатор мережі, а ще два залишаються для адресації вузлів.

Подання адреси у двійковому вигляді має такий вигляд:

192.168.0.0 → 11000000.10101000.00000000.00000000

255.255.255.0 → 11111111.11111111.11111111.00000000

Усі підмережі підключаються до маршрутизаторів, що функціонують у межах єдиної транспортної інфраструктури. Для забезпечення коректної маршрутизації та взаємодії між елементами мережі кожній підмережі SH потрібно не менше ніж 14 IP-адрес. Із них певна кількість призначається хостам, одна — маршрутизатору (R), підключеному до відповідного інтерфейсу, решта — для службових цілей.

Окрім IP-адрес хостів і маршрутизатора, враховуються: адреса самої підмережі, широкомовна (broadcast) адреса, резервні адреси.

Для адресації 8 або більше вузлів достатньо 4 біт, що дозволяє адресувати до 16 пристроїв ($2^4 = 16$ IP-адрес). Надлишкові адреси можуть бути використані в майбутньому для розширення підмереж або залишені в резерві.

Використовуючи CIDR-нотацію (безкласова адресація) та принцип послідовного виділення підмереж, сформовано вісім окремих блоків IP-адрес, кожен з яких містить по 16 IP-адрес. При цьому значення перших двох байтів у мережі 192.168.0.0/28 залишається сталим, а підмережі формуються шляхом варіації останніх двох байтів.

Застосовується маска довжиною 28 біт, що означає: $32-4=28$ — 28 біт для мережі та 4 біти — для вузлів.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 26 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

Таблиця 2.4 – IP-адресація підмереж для робочих станцій SH

| Підмережа | Пул IP-адрес | Двійковий запис | Призначення |
|-----------|-----------------|-------------------------------------|------------------|
| SH1 | 192.168.0.0\28 | 11000000.10101000.00000000.00000000 | Адреса підмережі |
| | 255.255.255.240 | 11111111.11111111.11111111.11110000 | Маска підмережі |
| | 192.168.0.1 | 11000000.10101000.00000000.00000001 | R1, інтерфейс 2 |
| | 192.168.0.2 | 11000000.10101000.00000000.00000010 | H1 |
| | 192.168.0.3 | 11000000.10101000.00000000.00000011 | H2 |
| | 192.168.0.4 | 11000000.10101000.00000000.00000100 | H3 |
| | 192.168.0.5 | 11000000.10101000.00000000.00000101 | H4 |
| | 192.168.0.6 | 11000000.10101000.00000000.00000110 | H5 |
| | 192.168.0.7 | 11000000.10101000.00000000.00000111 | H6 |
| | 192.168.0.8 | 11000000.10101000.00000000.00001000 | H7 |
| | 192.168.0.9 | 11000000.10101000.00000000.00001001 | H8 |
| | 192.168.0.10 | 11000000.10101000.00000000.00001010 | H9 |
| | 192.168.0.11 | 11000000.10101000.00000000.00001011 | H10 |
| | 192.168.0.12 | 11000000.10101000.00000000.00001100 | Резерв |
| SH1 | 192.168.0.0\28 | 11000000.10101000.00000000.00000000 | Адреса підмережі |
| | 255.255.255.240 | 11111111.11111111.11111111.11110000 | Маска підмережі |
| | 192.168.0.1 | 11000000.10101000.00000000.00000001 | R1, інтерфейс 2 |
| | 192.168.0.2 | 11000000.10101000.00000000.00000010 | H1 |
| | 192.168.0.3 | 11000000.10101000.00000000.00000011 | H2 |
| | 192.168.0.4 | 11000000.10101000.00000000.00000100 | H3 |
| | 192.168.0.5 | 11000000.10101000.00000000.00000101 | H4 |
| | 192.168.0.6 | 11000000.10101000.00000000.00000110 | H5 |
| | 192.168.0.7 | 11000000.10101000.00000000.00000111 | H6 |
| | 192.168.0.8 | 11000000.10101000.00000000.00001000 | H7 |
| | 192.168.0.9 | 11000000.10101000.00000000.00001001 | H8 |
| | 192.168.0.10 | 11000000.10101000.00000000.00001010 | H9 |
| | 192.168.0.11 | 11000000.10101000.00000000.00001011 | H10 |
| | 192.168.0.12 | 11000000.10101000.00000000.00001100 | Резерв |

| Підмер- ежа | Пул IP-адрес | Двійковий запис | Призначення | |
|-----------------|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| | | | | |
| | 192.168.0.14 | 11000000.10101000.00000000.00001110 | Резерв | |
| | 192.168.0.15 | 11000000.10101000.00000000.00001111 | Широкомов. адр. | |
| S _{H2} | 192.168.0.16/28 | 11000000.10101000.00000000.00010000 | Адреса підмережі | |
| | 255.255.255.240 | 11111111.11111111.11111111.11110000 | Маска підмережі | |
| | 192.168.0.17 | 11000000.10101000.00000000.00010001 | R1, інтерфейс 3 | |
| | 192.168.0.18 | 11000000.10101000.00000000.00010010 | H1 | |
| | 192.168.0.19 | 11000000.10101000.00000000.00010011 | H2 | |
| | 192.168.0.20 | 11000000.10101000.00000000.00010100 | H3 | |
| | 192.168.0.21 | 11000000.10101000.00000000.00010101 | H4 | |
| | 192.168.0.22 | 11000000.10101000.00000000.00010110 | H5 | |
| | 192.168.0.23 | 11000000.10101000.00000000.00010111 | H6 | |
| | 192.168.0.24 | 11000000.10101000.00000000.00011000 | H7 | |
| | 192.168.0.25 | 11000000.10101000.00000000.00011001 | Резерв | |
| | | | | |
| | | 192.168.0.30 | 11000000.10101000.00000000.00011110 | Резерв |
| | | 192.168.0.31 | 11000000.10101000.00000000.00011111 | Широкомов. адр. |
| S _{H3} | 192.168.0.32 | 11000000.10101000.00000000.00100000 | Адреса підмережі | |
| | 255.255.255.240 | 11111111.11111111.11111111.11110000 | Маска підмережі | |
| | 192.168.0.33 | 11000000.10101000.00000000.00100001 | R1, інтерфейс 4 | |
| | 192.168.0.34 | 11000000.10101000.00000000.00100010 | H1 | |
| | 192.168.0.35 | 11000000.10101000.00000000.00100011 | H2 | |
| | 192.168.0.36 | 11000000.10101000.00000000.00100100 | H3 | |
| | 192.168.0.37 | 11000000.10101000.00000000.00100101 | H4 | |
| | 192.168.0.38 | 11000000.10101000.00000000.00100110 | Резерв | |
| | | | | |
| | | 192.168.0.46 | 11000000.10101000.00000000.00101110 | Резерв |

| Підмер- ежа | Пул IP-адрес | Двійковий запис | Призначення | |
|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------|--|
| | 192.168.0.47 | 11000000.10101000.00000000.00101111 | Широкомов. адр. | |
| | 192.168.0.48 | 11000000.10101000.00000000.00110000 | Адреса підмережі | |
| | 255.255.255.240 | 11111111.11111111.11111111.11110000 | Маска підмережі | |
| | 192.168.0.49 | 11000000.10101000.00000000.00110001 | R1, інтерфейс 5 | |
| | 192.168.0.50 | 11000000.10101000.00000000.00110010 | H1 | |
| | 192.168.0.51 | 11000000.10101000.00000000.00110011 | H2 | |
| S _{H4} | 192.168.0.52 | 11000000.10101000.00000000.00110100 | H3 | |
| | 192.168.0.53 | 11000000.10101000.00000000.00110101 | H4 | |
| | 192.168.0.54 | 11000000.10101000.00000000.00110110 | H5 | |
| | 192.168.0.55 | 11000000.10101000.00000000.00110111 | Резерв | |
| | | | | |
| | 192.168.0.62 | 11000000.10101000.00000000.00111110 | Резерв | |
| | 192.168.0.63 | 11000000.10101000.00000000.00111111 | Широкомов. адр. | |
| S _{H5} | 192.168.0.64 | 11000000.10101000.00000000.01000000 | Адреса підмережі | |
| | 255.255.255.240 | 11111111.11111111.11111111.11110000 | Маска підмережі | |
| | 192.168.0.65 | 11000000.10101000.00000000.01000001 | R2, інтерфейс 2 | |
| | 192.168.0.66 | 11000000.10101000.00000000.01000010 | H1 | |
| | 192.168.0.67 | 11000000.10101000.00000000.01000011 | H2 | |
| | 192.168.0.68 | 11000000.10101000.00000000.01000100 | H3 | |
| | 192.168.0.69 | 11000000.10101000.00000000.01000101 | H4 | |
| | 192.168.0.70 | 11000000.10101000.00000000.01000110 | H5 | |
| | 192.168.0.71 | 11000000.10101000.00000000.01000111 | H6 | |
| | 192.168.0.72 | 11000000.10101000.00000000.01001000 | H7 | |
| | 192.168.0.73 | 11000000.10101000.00000000.01001001 | H8 | |
| | 192.168.0.74 | 11000000.10101000.00000000.01001010 | Резерв | |
| | | | | |
| | 192.168.0.78 | 11000000.10101000.00000000.01001110 | Резерв | |
| 192.168.0.79 | 11000000.10101000.00000000.01001111 | Широкомов. адр. | | |

| Підмережа | Пул IP-адрес | Двійковий запис | Призначення | |
|-----------------|-----------------|-------------------------------------|------------------|--|
| S _{H6} | 192.168.0.80 | 11000000.10101000.00000000.01010000 | Адреса підмережі | |
| | 255.255.255.240 | 11111111.11111111.11111111.11110000 | Маска підмережі | |
| | 192.168.0.81 | 11000000.10101000.00000000.01010001 | R2, інтерфейс 3 | |
| | 192.168.0.82 | 11000000.10101000.00000000.01010010 | H1 | |
| | 192.168.0.83 | 11000000.10101000.00000000.01010011 | H2 | |
| | 192.168.0.84 | 11000000.10101000.00000000.01010100 | H3 | |
| | 192.168.0.85 | 11000000.10101000.00000000.01010101 | H4 | |
| | 192.168.0.86 | 11000000.10101000.00000000.01010110 | Резерв | |
| | | | | |
| | 192.168.0.94 | 11000000.10101000.00000000.01011110 | Резерв | |
| | 192.168.0.95 | 11000000.10101000.00000000.01011111 | Широкомов. адр. | |
| S _{H7} | 192.168.0.96 | 11000000.10101000.00000000.01100000 | Адреса підмережі | |
| | 255.255.255.240 | 11111111.11111111.11111111.11110000 | Маска підмережі | |
| | 192.168.0.97 | 11000000.10101000.00000000.01100001 | R2, інтерфейс 4 | |
| | 192.168.0.98 | 11000000.10101000.00000000.01100010 | H1 | |
| | 192.168.0.99 | 11000000.10101000.00000000.01100011 | H2 | |
| | 192.168.0.100 | 11000000.10101000.00000000.01100100 | H3 | |
| | 192.168.0.101 | 11000000.10101000.00000000.01100101 | H4 | |
| | 192.168.0.102 | 11000000.10101000.00000000.01100110 | H5 | |
| | 192.168.0.103 | 11000000.10101000.00000000.01100111 | H6 | |
| | 192.168.0.104 | 11000000.10101000.00000000.01101000 | H7 | |
| | 192.168.0.105 | 11000000.10101000.00000000.01101001 | Резерв | |
| | | | | |
| | 192.168.0.110 | 11000000.10101000.00000000.01101110 | Резерв | |
| | 192.168.0.111 | 11000000.10101000.00000000.01101111 | Широкомов. адр. | |

| Підмер - ежа | Пул IP-адрес | Двійковий запис | Призначення | |
|------------------|-----------------|-------------------------------------|------------------|--|
| S _H 8 | 192.168.0.112 | 11000000.10101000.00000000.01110000 | Адреса підмережі | |
| | 255.255.255.240 | 11111111.11111111.11111111.11110000 | Маска підмережі | |
| | 192.168.0.113 | 11000000.10101000.00000000.01110001 | R2, інтерфейс 5 | |
| | 192.168.0.114 | 11000000.10101000.00000000.01110010 | H1 | |
| | 192.168.0.115 | 11000000.10101000.00000000.01110011 | H2 | |
| | 192.168.0.116 | 11000000.10101000.00000000.01110100 | H3 | |
| | 192.168.0.117 | 11000000.10101000.00000000.01110101 | H4 | |
| | 192.168.0.118 | 11000000.10101000.00000000.01110110 | H5 | |
| | 192.168.0.119 | 11000000.10101000.00000000.01110111 | Резерв | |
| | | | | |
| | 192.168.0.126 | 11000000.10101000.00000000.01111110 | Резерв | |
| | 192.168.0.127 | 11000000.10101000.00000000.01111111 | Широкомов. адр. | |

2.5 План IP-адресації для мережевих підмереж маршрутизаторів SR

Маршрутна таблиця, яка використовується для передачі IP-пакетів у комп'ютерних мережах, зазвичай містить наступні обов'язкові елементи:

- адреса мережі або конкретного вузла, або ж вказівка на те, що цей маршрут є маршрутом за замовчуванням;
- маска підмережі призначення (наприклад, для IPv4-запису маска /32 або 255.255.255.255 вказує на одну конкретну IP-адресу);
- адреса шлюзу — тобто маршрутизатора, через який має бути направлений трафік до заданої мережі;
- вихідний інтерфейс, через який здійснюється доступ до цього шлюзу (він може позначатися у вигляді ідентифікатора пристрою, номера або символічного імені);

– метрика маршруту — числове значення, яке визначає пріоритетність (чим нижче значення, тим вища перевага маршруту, що зазвичай інтерпретується як умовна "відстань").

Залежно від операційної системи, у таблиці маршрутизації може бути або один, або кілька шлюзів за замовчуванням, які застосовуються у випадках, коли для пакета не знайдено більш специфічного шляху.

У цьому розділі розглянемо планування адресного простору для підмереж, що об'єднують маршрутизатори SR. Для цього виділено IP-діапазон 192.168.10.0/30. У ньому перші два байти використовуються для мережевої адресації:

192.168.10.0 → 11000000.10101000.00001010.00000000

255.255.255.252 → 11111111.11111111.11111111.11111100

Таблиця 2.5 – IP-адресація підмереж маршрутизаторів SR

| Підме-режа SR | Пул IP-адрес | Двійковий запис | Призначення |
|---------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------|
| SR1 | 192.168.10.0/30 | 11000000.10101000.00001010.00000000 | Адреса підмережі |
| | 255.255.255.252 | 11111111.11111111.11111111.11111100 | Маска підмережі |
| | 192.168.10.1 | 11000000.10101000.00001010.00000001 | R1, інтерфейс 9/0 |
| | 192.168.10.2 | 11000000.10101000.00001010.00000010 | Широкомовна адреса |
| SR2 | 192.168.10.3/30 | 11000000.10101000.00001010.00000011 | Адреса підмережі |
| | 255.255.255.252 | 11111111.11111111.11111111.11111100 | Маска підмережі |
| | 192.168.10.4/30 | 11000000.10101000.00001010.00000100 | R2, інтерфейс 9/0 |
| | 192.168.10.5 | 11000000.10101000.00001010.00000101 | Широкомовна адреса |

Згідно з розгорнутою структурною схемою мережі, для маршрутизації між усіма сегментами потрібно мінімум дві окремі IP-підмережі. Тому в межах даного проєкту передбачено використання двох сегментів маршрутизаторів, що дозволяє реалізувати резервування каналів між підмережами комп'ютерів та між самими маршрутизаторами за допомогою маршрутизатора R1.

Кожна з виділених підмереж SR об'єднує один маршрутизатор, а для розділення підмереж використовуються останні біти останнього байта адреси. Префікс /30 означає, що:

32 – 2 = 30 біт використовуються для адресації мережі,

2 біти залишаються для ідентифікації вузлів (тобто два доступні хости в межах кожної підмережі).

2.6 Маршрутизація IP-пакетів

Процес маршрутизації даних у мережах TCP/IP виконується на основі IP-адрес. Це стосується як кінцевих пристроїв, що ініціюють передавання пакетів, так і мережевих вузлів — маршрутизаторів. В обох випадках на мережевому (інтернет) рівні потрібно прийняти рішення, куди саме направити пакет. Для цього пристрої використовують маршрутні таблиці, які можуть бути сформовані автоматично під час запуску TCP/IP-стеку або налаштовані вручну.

Передавання пакетів IP може здійснюватися за двома принципами:

– Пряме передавання (Direct delivery) — коли відправник і одержувач знаходяться в межах однієї підмережі. У цьому випадку передача відбувається безпосередньо через MAC-адресу отримувача.

– Непряме передавання (Indirect delivery) — реалізується у випадку, коли отримувач належить до іншої підмережі. У такій ситуації дані надсилаються через проміжний маршрутизатор, і як MAC-адреса в кадрі вказується адреса цього маршрутизатора.

Усі пристрої з IP-стеком мають власну таблицю маршрутизації, в якій зберігаються відомості про доступні IP-мережі та можливі шляхи доставки даних. Також у таблиці можуть бути присутні числові показники (метрики), які допомагають вибрати оптимальний маршрут.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 33 |

Для прикладу розглянемо пристрій із IP-адресою 192.168.0.3, що належить підмережі 192.168.0.1/28. Припустимо, що він передає пакети на станцію з IP-адресою 192.168.0.50, яка розташована в іншій підмережі 192.168.0.49/28.

Перевіримо належність IP-адреси відправника до мережі за допомогою побітової операції AND:

192.168.0.3 → 11000000.10101000.00000000.00000011

255.255.255.240 → 11111111.11111111.11111111.11110000

Результат → 192.168.0.0 → адреса підмережі

Для адреси одержувача:

192.168.0.50 → 11000000.10101000.00000000.00110010

255.255.255.240 → 11111111.11111111.11111111.11110000

Результат → 192.168.0.48 → інша підмережа

Як видно, IP-адреси належать різним підмережам, отже, для доставки пакетів потрібна маршрутизація через маршрутизатор.

2.7 Налаштування VLAN на рівні комутаторів

Сучасні корпоративні мережі, на відміну від застарілих систем, вже давно не обмежуються кількома пристроями в одному офісі. Це розподілені інфраструктури, що включають десятки й сотні вузлів. Для забезпечення ефективної організації такої мережі застосовуються віртуальні локальні мережі — VLAN, які логічно поділяють мережу на ізольовані сегменти.

Гнучкість конфігурації — VLAN дозволяє створювати підмережі за функціональним принципом, незалежно від фізичного розташування пристроїв. Користувачі з однієї VLAN можуть бути підключені до різних комутаторів, навіть у різних кімнатах або корпусах.

Оптимізація трафіку — оскільки кожна VLAN формує окрему широкомовну доменну зону, це дозволяє зменшити кількість широкомовних пакетів та зменшити навантаження на мережеве обладнання.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 34 |

Підвищення безпеки — пристрої з різних VLAN не можуть безпосередньо обмінюватися даними. Така ізоляція дозволяє уникнути несанкціонованого доступу. Комунікація між VLAN можлива лише через маршрутизатор, де також реалізуються політики безпеки.

Кожна VLAN ідентифікується за допомогою унікального номера (VLAN ID), який додається до Ethernet-кадру у вигляді тегу. Найпоширенішим стандартом для позначення трафіку VLAN є IEEE 802.1Q. Хоча існують і пропрієтарні протоколи, саме цей стандарт використовується найчастіше.

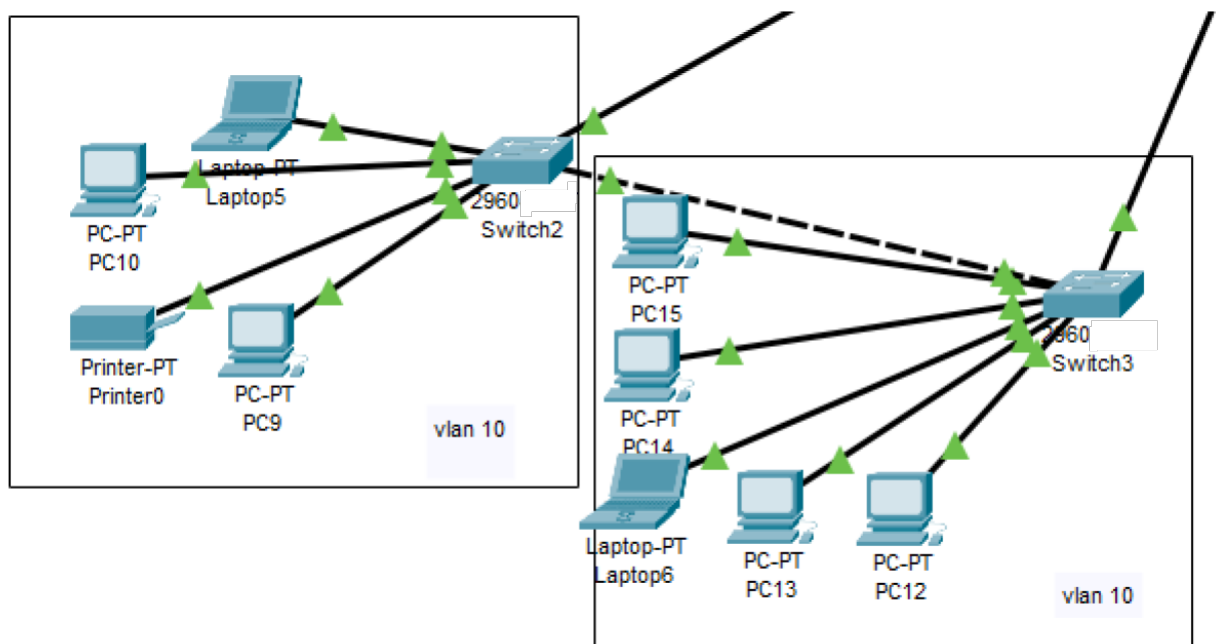


Рисунок 2.6 – Фрагмент VLAN мережі

Access-порт — призначений для підключення кінцевих пристроїв, які не підтримують VLAN. Комутатор автоматично додає тег VLAN, згідно з конфігурацією порту. При прийомі зворотного трафіку тег знімається.

Trunk-порт — порт для передавання тегового трафіку між пристроями з підтримкою VLAN (найчастіше — між комутаторами). Trunk-порт може працювати з кількома VLAN одночасно, згідно зі списком дозволених VLAN.

У рамках даної роботи були створені окремі VLAN-сегменти для відділу кадрів і бухгалтерії, які мають можливість взаємодіяти між собою через маршрутизатор, але фізично ізольовані на рівні комутаторів.

2.8 Організація бездротового доступу в комп'ютерній мережі

Для підключення бездротових клієнтів до внутрішньої мережі реалізується інтеграція точки доступу Wi-Fi, яка виконує роль моста між дротовим середовищем (Ethernet) і бездротовим (Wi-Fi).

У розробленій топології використано 10-портові комутатори FastEthernet, в яких один порт зарезервовано для можливого розширення. Точку доступу можна підключити до будь-якого з пристроїв серії SWi, однак такий підхід має ряд обмежень:

- нестача адресного простору,
- труднощі контролю за доступом,
- спільне використання трафіку службовими та гостьовими пристроями.

З огляду на розташування вузлів мережі та високу щільність бездротових клієнтів у центральній частині, найбільш раціональним є підключення точки доступу до окремих інтерфейсів маршрутизатора R1 (порти 6 та 7).

Передбачається створення двох окремих бездротових зон:

- одна для постійного персоналу,
- друга — для гостей.

Виходячи з оцінок, проведених у попередніх розділах, обраний діапазон IP-адрес має достатній обсяг для виділення окремих підмереж для обох категорій клієнтів. Ураховуючи можливість одночасного підключення до 50 пристроїв, було обрано відповідні IP-діапазони.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 36 |

Таблиця 2.6 – IP-адресація бездротової VLAN для працівників

| Пул IP-адрес | Двійковий запис | Призначення |
|----------------|-------------------------------------|---------------------|
| 192.168.1.0/24 | 11000000.10101000.00000001.00000000 | Адреса підмережі |
| 255.255.255.0 | 11111111.11111111.11111111.00000000 | Маска підмережі |
| 192.168.1.1 | 11000000.10101000.00000001.00000001 | R1, інтерфейс Fa6/0 |
| 192.168.1.2 | 11000000.10101000.00000001.00000010 | Точка доступу |
| 192.168.1.100 | 11000000.10101000.00000001.01100100 | Бездрот. клієнт 1 |
| 192.168.1.101 | 11000000.10101000.00000001.01100101 | Бездрот. клієнт 2 |
| 192.168.1.102 | 11000000.10101000.00000001.01100110 | Бездрот. клієнт 3 |
| 192.168.1.103 | 11000000.10101000.00000001.01100111 | Бездрот. клієнт 4 |
| 192.168.1.104 | 11000000.10101000.00000001.01101000 | Бездрот. клієнт 5 |
| 192.168.1.105 | 11000000.10101000.00000001.01101001 | Бездрот. клієнт 6 |
| 192.168.1.106 | 11000000.10101000.00000001.01101010 | Бездрот. клієнт 7 |
| 192.168.1.107 | 11000000.10101000.00000001.01101011 | Бездрот. клієнт 8 |
| 192.168.1.108 | 11000000.10101000.00000001.01101100 | Бездрот. клієнт 9 |
| 192.168.1.109 | 11000000.10101000.00000001.01101101 | Бездрот. клієнт 10 |
| 192.168.1.110 | 11000000.10101000.00000001.01101111 | Бездрот. клієнт 11 |
| | | |
| 192.168.1.149 | 11000000.10101000.00000001.10010101 | Бездрот. клієнт 50 |
| 192.168.1.150 | 11000000.10101000.00000001.10010111 | Широкомовна адреса |

Надання гостьового Wi-Fi-доступу є важливим елементом сервісу, що підвищує задоволеність клієнтів та їх лояльність. Окремий сегмент для відвідувачів дозволяє ізолювати внутрішню інфраструктуру закладу від сторонніх користувачів, забезпечуючи базову безпеку даних. Крім того, такий підхід дає змогу контролювати трафік і навантаження, запобігаючи впливу зовнішніх пристроїв на роботу основної мережі.

Таблиця 2.7 – IP-адресація бездротової VLAN для відвідувачів

| Пул IP-адрес | Двійкова нотація | Призначення |
|----------------|-------------------------------------|---------------------|
| 192.168.2.0/24 | 11000000.10101000.00000010.00000000 | Адреса підмережі |
| 255.255.255.0 | 11111111.11111111.11111111.00000000 | Маска підмережі |
| 192.168.2.1 | 11000000.10101000.00000010.00000001 | R1, інтерфейс Fa6/0 |
| 192.168.2.2 | 11000000.10101000.00000010.00000010 | Точка доступу |
| 192.168.2.100 | 11000000.10101000.00000010.01100100 | Бездрот. клієнт 1 |
| 192.168.2.101 | 11000000.10101000.00000010.01100101 | Бездрот. клієнт 2 |
| 192.168.2.102 | 11000000.10101000.00000010.01100110 | Бездрот. клієнт 3 |
| 192.168.2.103 | 11000000.10101000.00000010.01100111 | Бездрот. клієнт 4 |
| 192.168.2.104 | 11000000.10101000.00000010.01101000 | Бездрот. клієнт 5 |
| 192.168.2.105 | 11000000.10101000.00000010.01101001 | Бездрот. клієнт 6 |
| 192.168.2.106 | 11000000.10101000.00000010.01101010 | Бездрот. клієнт 7 |
| 192.168.2.107 | 11000000.10101000.00000010.01101011 | Бездрот. клієнт 8 |
| 192.168.2.108 | 11000000.10101000.00000010.01101100 | Бездрот. клієнт 9 |
| 192.168.2.109 | 11000000.10101000.00000010.01101101 | Бездрот. клієнт 10 |
| 192.168.2.110 | 11000000.10101000.00000010.01101111 | Бездрот. клієнт 11 |
| | | |
| 192.168.2.149 | 11000000.10101000.00000010.10010101 | Бездрот. клієнт 50 |
| 192.168.2.150 | 11000000.10101000.00000010.10010111 | Широкомовна адреса |

Таблиця 2.8 – Налаштування Wi-Fi точки доступу для персоналу

| Параметр | Значення |
|-----------------------------|------------------------------|
| Інтерфейс підключення | R1, інтерфейс 6 |
| IP-адреса точки доступу | 192.168.1.1 |
| Виділений IP-діапазон | 192.168.1.150/24 |
| MAC-адреса | BF:CC:1A:1E:AA:09 |
| Підтримувані стандарти | 802.11b/g/n, 2.4, 2.5, 5 GHz |
| Тип аутентифікації | WPA-PSK |
| Ідентифікатор мережі (SSID) | EKSPD |

У таблицях 2.8–2.9 наведено ключові параметри налаштування бездротової точки доступу. Зокрема, вказано: назву бездротової мережі (SSID), частотний

діапазон, метод захисту переданих даних, ключ доступу та інші технічні характеристики.

Таблиця 2.9 – Параметри точки доступу для гостейвих підключень

| Параметр | Значення |
|-----------------------------|------------------------------|
| Інтерфейс підключення | R1, інтерфейс 7 |
| IP-адреса точки доступу | 192.168.2.1 |
| Виділений IP-діапазон | 192.168.2.150/24 |
| MAC-адреса | FT:C5:2C:1E:3T:08 |
| Підтримувані стандарти | 802.11b/g/n, 2.4, 2.5, 5 GHz |
| Тип аутентифікації | WPA-PSK |
| Ідентифікатор мережі (SSID) | EKSPD |

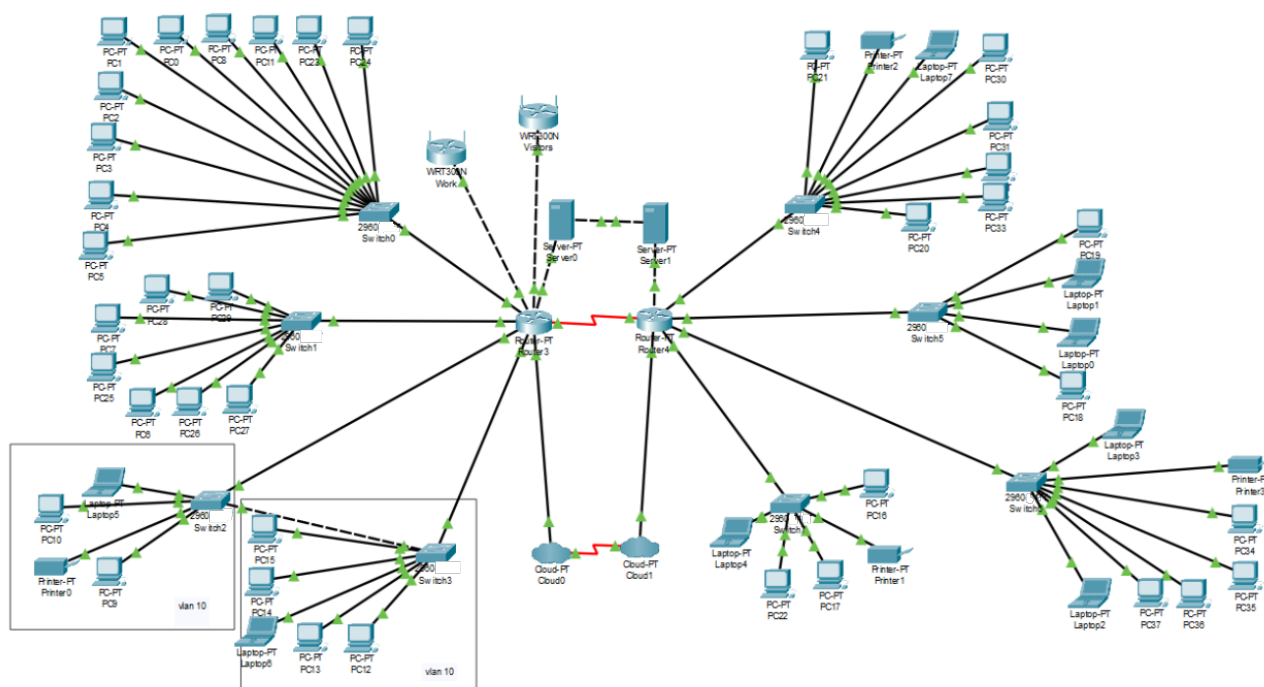


Рисунок 2.7 – Готова мережна топологія Cisco

Щоб забезпечити можливість віддаленого керування комутатором через мережу, першочергово необхідно призначити йому унікальну IP-адресу, а також налаштувати шлюз за замовчуванням, що дозволить здійснювати зв'язок з іншими підмережами. Такі параметри конфігуруються в рамках віртуального інтерфейсу

VLAN10. Для цього в середовищі командного рядка пристрою використовується наступна послідовність команд:

```
Rout(config)#interface vlan 1
Rout(config-if)#ip address 192.168.15.2 255.255.255.192
Rout(config-if)#no shutdown
Rout(config-if)#exit
Rout(config)#line vty 0 4
Rout(config-line)#password TestTest
Rout(config-line)#login
```

Цей блок налаштувань активує інтерфейс VLAN 1, призначає йому адресу з відповідною маскою підмережі, а також активує віддалений доступ через віртуальні термінальні лінії (VTY) з використанням пароля, встановленого адміністратором. Це дозволяє адмініструвати комутатор, не перебуваючи фізично біля нього, що особливо корисно в умовах великих або розподілених мереж.

Крім того, вкрай важливо реалізувати захист від несанкціонованих фізичних підключень до портів комутатора. Це запобігає використанню неавторизованого обладнання у межах корпоративної мережі. Для реалізації цієї функції застосовують механізм Port Security, який обмежує кількість допустимих MAC-адрес для кожного порту. Налаштування здійснюється наступним чином:

```
Rout(config)#interface range fastethernet 0/1 - 14
Rout(config-if-range)#switchport mode access
Rout(config-if-range)#switchport access vlan 1
Rout(config-if-range)#switchport port-security
Rout(config-if-range)#switchport port-security maximum 1
Rout(config-if-range)#switchport port-security mac-address
sticky
```

Ці команди переводять порти в режим доступу (access), прив'язують їх до VLAN 1 і активують функцію безпеки, яка обмежує підключення лише до одного пристрою на порт. При цьому активується механізм автоматичного

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 40 |

запам'ятовування MAC-адрес, що підвищує рівень контролю за підключеннями в мережі та унеможливлює використання сторонніх комп'ютерів.

Ще одним критично важливим аспектом управління локальною мережею є логічне розділення мережевого простору. Це досягається за допомогою створення віртуальних локальних мереж VLAN, які дозволяють відокремити трафік різних служб або відділів, підвищуючи тим самим продуктивність і безпеку мережі. На канальному рівні моделі OSI VLAN дає змогу ізолювати порти один від одного навіть у межах одного фізичного комутатора.

У свою чергу, на мережевому рівні забезпечується можливість комунікації між кінцевими пристроями, які входять до тієї ж VLAN. Яскравим прикладом застосування VLAN може слугувати побудова бездротової локальної мережі (Wi-Fi LAN) за участі маршрутизатора, що дозволяє групувати пристрої за типами або ролями та ефективно контролювати їх взаємодію.

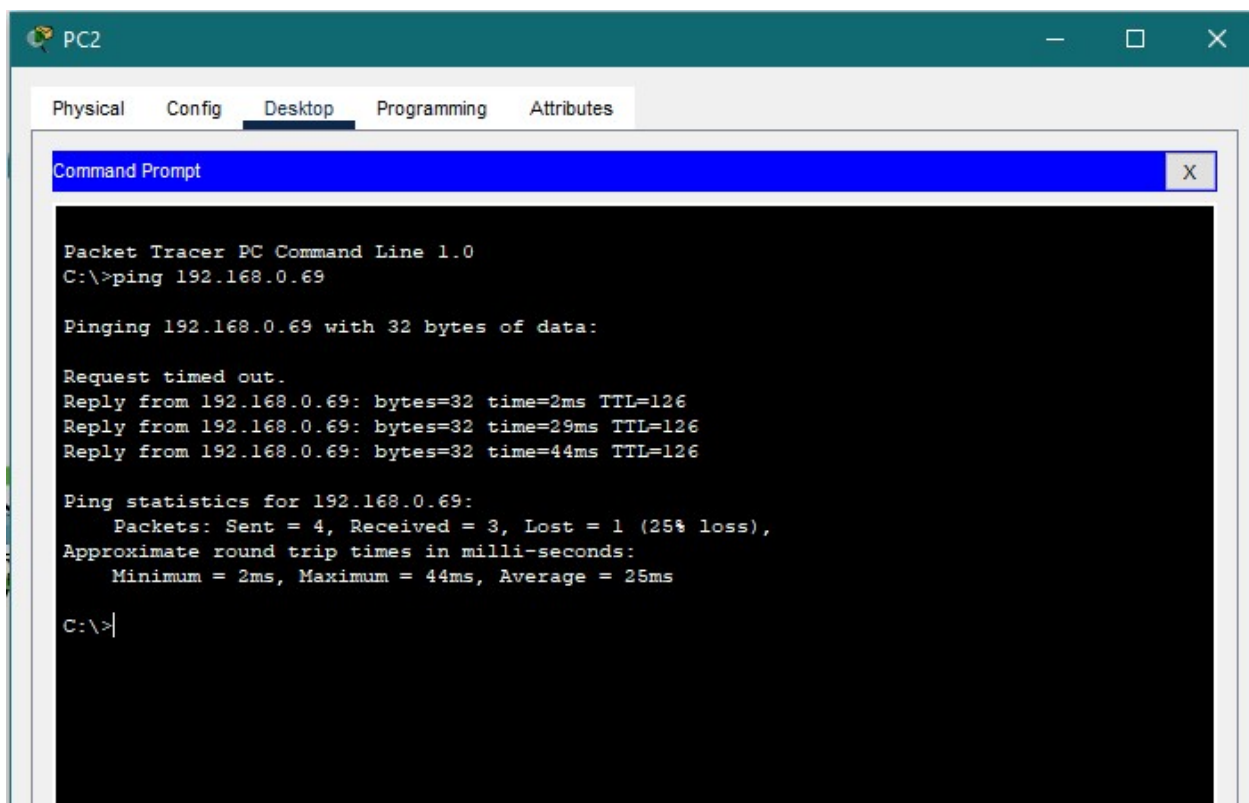


Рисунок 2.8 – Результат ping-запиту між PC2 і PC30

На рис. 2.7 продемонстровано результат виконання команди ping між комп'ютерами PC2 та PC30, які розміщені в різних підмережах. Як видно з результату — пакети було успішно доставлено.

Для перевірки маршруту, яким передаються пакети, використано команду tracert. Вона дозволяє побачити всі вузли, які бере участь у передачі даних до віддаленого хоста. Повний шлях проходження трафіку показано на рис. 8.

```
C:\>tracert 192.168.0.69

Tracing route to 192.168.0.69 over a maximum of 30 hops:

  0  0 ms    0 ms    0 ms    192.168.0.1
  1  12 ms   24 ms   25 ms   192.168.10.2
  2  0 ms    12 ms   0 ms    192.168.0.69

Trace complete.

C:\>
```

Рисунок 2.9 – Трасування мережевого маршруту між PC2 та PC30

В результаті виконання другого розділу було розроблено детальну структуру комп'ютерної мережі з урахуванням сучасних вимог до безпеки, масштабованості та ефективності передачі даних. Запроектована топологія типу «розгалужена зірка» забезпечує надійне фізичне та логічне з'єднання між усіма компонентами мережі, включно з робочими станціями, маршрутизаторами та комутаторами. Було сформовано вісім окремих підмереж, що логічно розділяють користувачів відповідно до призначення робочих місць і типу доступу, що підвищує продуктивність і керованість інформаційного трафіку.

Ретельно підібране мережеве обладнання, зокрема Cisco Catalyst 2960X-24PS-L та маршрутизатор Cisco ISR 4331, дозволяє ефективно обробляти внутрішній трафік і реалізувати захищену маршрутизацію між сегментами мережі. Також були впроваджені механізми VLAN, port security та ізоляція гостьових підключень, що гарантує належний рівень контролю доступу. Паралельно, було визначено необхідну кількість кабельної продукції та виконано

планування IP-адресації відповідно до стандартів CIDR, що дозволяє гнучко масштабувати мережу в майбутньому.

Таким чином, запропоноване рішення повністю відповідає технічним завданням, забезпечує високий рівень надійності, безпеки й гнучкості при подальшій експлуатації, а також створює основу для розгортання сучасної, керованої комп'ютерної мережі.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 43 |

3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Вибір обладнання та матеріалів

У межах практичної реалізації локальної мережі було здійснено обґрунтований вибір телекомунікаційного обладнання та монтажних матеріалів, що відповідають структурі закладу та технічним вимогам проекту. З огляду на наявність двох корпусів підприємства, які об'єднуються в єдину мережу, особливу увагу приділено правильному добору комунікаційної інфраструктури, яка забезпечує надійну передачу даних, централізоване управління та можливість масштабування.

Основу активного обладнання складають 2 маршрутизатора Cisco ISR 4331— та комутатори 8 комутаторів 2960X-24PS-L. Перший із них підтримує живлення по Ethernet (PoE), що дозволяє за потреби підключати сумісні пристрої без додаткового живлення. Для забезпечення гнучкого адміністрування та розмежування доступу застосовано підтримку VLAN, QoS і статичну маршрутизацію. Центральний маршрутизатор забезпечує взаємодію між підмережами та вихід до глобальної мережі через технології NAT та PAT. Паралельно функціонують чотири мережеві принтери, що підключені до загальної інфраструктури.

Інфраструктура встановлюється у двох типах телекомунікаційних шаф: дві підлогові на 24U та дві настінні на 10U. У складі комплекту передбачено також вентиляційні модулі, заземлення, організатори кабелю, патч-панелі на 16 та 24 порти, а також оптичні бокси з адаптерами SC типу. Вони слугують ключовими елементами для підключення та комутації оптичних ліній. Застосування пігтейлів SC та прохідних з'єднувачів дозволяє гнучко організувати кабельну систему, враховуючи топологію зв'язків між корпусами.

Вибір кабелів також здійснено з урахуванням умов експлуатації. Для внутрішніх сегментів використовується вита пара категорії 5e, яка підтримує

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 44 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

швидкість Gigabit Ethernet. З'єднання між корпусами реалізується через багатомодовий волоконно-оптичний кабель типу 50/125 з чотирма волокнами, що забезпечує високу пропускну здатність і надійність передачі. Для захисту й організації трасування використовуються гофровані труби, кабельні короби розміром 65×150 мм із гнучкими кришками, перегородками, торцевими заглушками та з'єднувальними елементами. Монтаж здійснюється з використанням лотків 60×200 мм, кронштейнів, шпильок, анкерів та фіксаторів. Уся специфікація обладнання й матеріалів наведена у таблицях, що представлені на аркуші "Специфікація обладнання виробів і матеріалів". Ці дані містять детальний перелік позицій, включно з типом, маркою, технічними параметрами, виробником, одиницею виміру та кількістю, що дозволяє отримати повне уявлення про застосовані рішення.

3.2 Структурна схема мережі

Обладнання всієї комп'ютерної мережі, представленої на схемі, охоплює як активні, так і пасивні компоненти, кожен з яких виконує визначену функцію у структурі локальної мережі. Основу мережі складають маршрутизатори та комутатори. Маршрутизатори, розташовані у центральному ядрі мережі, відповідають за міжмережеву маршрутизацію — тобто за передавання IP-пакетів між окремими підмережами, зокрема між VLAN, між провайдерським каналом та внутрішніми пристроями, а також між дротовими й бездротовими сегментами.

До кожного маршрутизатора підключаються керовані комутатори, які забезпечують розгалуження мережі по фізичних сегментах — це зони обслуговування користувачів, точки доступу, сервери та периферійне обладнання. Комутатори мають підтримку VLAN, що дозволяє ізолювати логічно різні групи пристроїв, такі як бухгалтерія, кадровий відділ, адміністративні комп'ютери. Вони також підключені один до одного магістральними Trunk-лінками з

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 45 |

передаванням тегованих кадрів за стандартом IEEE 802.1Q, що дозволяє ефективно передавати трафік кількох VLAN через один канал.

До комутаторів під'єднані клієнтські пристрої — стаціонарні комп'ютери, ноутбуки, багатофункціональні принтери, а також точки бездротового доступу. Усі вони підключаються за допомогою витої пари через настінні розетки. Патч-панелі розміщені у телекомунікаційних шафах і дозволяють зручно та впорядковано з'єднувати ці розетки з портами комутаторів. Кабелі від робочих місць заведені в задню частину патч-панелі, а на фронтальній частині короткими патч-кордами здійснюється підключення до комутаційного обладнання.

Wi-Fi точки доступу формують бездротову інфраструктуру і поділені на дві категорії: для персоналу та для відвідувачів. Кожна з них отримує живлення через Ethernet-кабель (PoE) або окремий адаптер. Для зменшення навантаження і підвищення безпеки їм призначено окремі підмережі з незалежними IP-діапазонами, а підключення здійснюється через виділені порти маршрутизатора. Це дозволяє розмежовувати доступ та обмежувати взаємодію між гостьовими та внутрішніми клієнтами.

Оптичний крос-бокс або оптична розподільча коробка, якщо така передбачена в топології, встановлюється біля місця вводу провайдерського каналу. Вона служить для з'єднання оптичного кабелю провайдера з активним обладнанням через медіаконвертер або SFP-модуль. Всі магістральні кабелі, що заходять у шафу, закінчуються в патч-панелі або оптичному боксі, а далі з'єднуються з портами комутаторів або маршрутизаторів.

Усі активні пристрої — маршрутизатори, комутатори, точки доступу — розміщуються в телекомунікаційних шафах і отримують живлення через джерела безперебійного живлення (UPS), що дозволяє зберегти роботу критичних вузлів при зникненні електропостачання. Кабелі організовані за допомогою горизонтальних і вертикальних кабельних організаторів, що забезпечує доступність та простоту обслуговування. Уся система працює в єдиній логічній

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 46 |

структурі з централізованим управлінням і підтримує як дротовий, так і бездротовий доступ до ресурсів мережі.

Безпосередньо структурну схему мережі представлено на аркуші "Структурна схема". Вона наочно демонструє взаємозв'язок між корпусами, маршрути передачі даних та логіку побудови мережі з урахуванням розподілу обладнання та фізичних з'єднань.

3.3 Схема підключення обладнання та його розміщення в телекомунікаційних шафах

Фізична реалізація мережі передбачає продумане прокладання кабельних трас між корпусами, оптимальне розміщення активного та пасивного обладнання в телекомунікаційних шафах, а також раціональне використання внутрішнього простору приміщень. Загальна схема підключення охоплює всі основні мережеві елементи: сервер, комутатори, робочі станції, принтери, патч-панелі, оптичні з'єднання та розетки.

Кожен із корпусів має окрему дві точки комутації, в якій встановлені телекомунікаційні шафи (підлогову шафу 19" на 24U типу ZPAS, настінні шафи 19" на 10U (Hyperline)). Усі шафи обладнані вентиляційними модулями, організаторами кабелю, системою заземлення та патч-панелями на 16 і 24 порти. Монтажні роботи виконуються з урахуванням охайної організації внутрішнього простору та забезпечення швидкого доступу до компонентів.

Взаємозв'язок між корпусами забезпечено за допомогою багатомодового волоконно-оптичного кабелю типу 50/125 з чотирма волокнами, що дозволяє підтримувати стабільне та швидке з'єднання навіть на значній відстані завдяки встановленому SFP-модулю (GLC-SX-MM) на маршрутизаторах. Оптичні пігтейли та прохідні адаптери забезпечують надійне підключення до оптичних боксів у шафах. Внутрішні з'єднання між патч-панелями, розетками та кінцевими пристроями здійснено витою парою категорії 5e, що прокладається через кабельні

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 47 |

короби 65×150 мм із гнучкими кришками, перегородками, внутрішніми та зовнішніми кутами. Додатково використовуються металеві лотки 60×200 мм, кронштейни та гофровані труби для захисту й організації прокладення кабелю.

На аркуші "План розташування обладнання і кабельних трас. Корпус А" представлено схематичне розміщення телекомунікаційного обладнання та маршрутів прокладання кабелю всередині корпусу. Цей план дозволяє зрозуміти, як саме здійснено підключення кінцевих пристроїв до точок комутації та серверного сегмента.

Схема підключення всіх елементів (від серверів і комутаторів до користувацьких пристроїв) наведена на аркуші "Схема підключення". Вона ілюструє логіку фізичних з'єднань та послідовність підключення всіх мережевих компонентів, відображаючи як міжкорпусні, так і внутрішньокорпусні зв'язки.

Для детального розуміння організації внутрішнього простору кожної шафи складено схему на аркуші "ТШ1 – ТШ4 загальний вигляд". На ньому вказано точне розташування кожного модуля, що дозволяє візуально оцінити розподіл обладнання за висотою (U) та рівнем доступності для обслуговування.

У рамках третього розділу було детально реалізовано практичне впровадження локальної комп'ютерної мережі, яка охоплює два окремих корпуси організації, об'єднані в єдину інфраструктуру передачі даних. На основі попередніх розрахунків і технічних вимог було здійснено обґрунтований вибір активного й пасивного обладнання, що забезпечує стабільну роботу мережі, підтримку VLAN, якісну маршрутизацію, централізоване керування та можливість подальшого масштабування.

Було сформовано комплексну структурну схему з урахуванням фізичних і логічних з'єднань, у якій реалізовано поділ на підмережі, розмежування доступу користувачів та розподілення навантаження між компонентами системи. Значну увагу приділено коректному розміщенню обладнання в телекомунікаційних шафах, прокладенню кабельних трас та організації з'єднань через патч-панелі, оптичні бокси та мережеві розетки.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 48 |

Оптимальне поєднання волоконно-оптичного з'єднання між корпусами та використання витої пари в межах приміщень дозволило досягти балансу між пропускною здатністю та економічною доцільністю. Завдяки застосуванню високоякісних монтажних матеріалів та елементів комутації, мережа є надійною, доступною для обслуговування та відповідає актуальним стандартам побудови сучасних корпоративних мереж.

Таким чином, виконана практична частина підтверджує працездатність обраної моделі мережі, забезпечує гнучкість і стабільність її функціонування, а також створює надійну основу для розширення інформаційної інфраструктури підприємства в майбутньому.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 49 |

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі було здійснено розробку комбінованої комп'ютерної мережі на основі маршрутизаторів Cisco ISR 4331.

У першому розділі роботи здійснено комплексний аналіз предметної області, що охоплює сучасні підходи до побудови комбінованих комп'ютерних мереж, які об'єднують у єдину інфраструктуру дротові та бездротові технології передавання даних. Охарактеризовано особливості організації подібних мереж, їх структуру, функціональні можливості, типові компоненти та актуальні тенденції розвитку. Здійснено огляд нормативної, технічної, законодавчої та наукової документації, яка регламентує процеси проектування, впровадження та експлуатації мережевих інфраструктур відповідно до міжнародних стандартів і національних вимог.

На основі опрацювання літературних джерел і технічних специфікацій було систематизовано основні інформативні ознаки, які визначають ефективність роботи комп'ютерної мережі, а також виконано аналіз сучасних методів, апаратних, програмних і алгоритмічних засобів, що застосовуються для реалізації комбінованих мережевих рішень. Особливу увагу приділено перевагам і недолікам існуючих технологій, що дозволило обґрунтувати вибір оптимальних технічних і програмних засобів для побудови мережевої системи.

На основі проведеного огляду та технічного аналізу було сформульовано задачу дослідження, яка полягає в проектуванні комбінованої комп'ютерної мережі з використанням дротових і бездротових сегментів, забезпеченні її надійності, продуктивності, інформаційної безпеки та гнучкості масштабування. Визначено перелік конкретних завдань, які необхідно виконати для досягнення поставленої мети, включаючи розробку топології мережі, вибір активного обладнання, конфігурацію сегментів і налаштування механізмів захисту інформації.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| | | | | | | 50 |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | |

Таким чином, розділ створює теоретичну та методологічну основу для подальшої розробки комбінованої комп'ютерної мережі відповідно до сучасних стандартів і вимог підприємства.

В результаті виконання другого розділу було розроблено детальну структуру комп'ютерної мережі з урахуванням сучасних вимог до безпеки, масштабованості та ефективності передачі даних. Запроектована топологія типу «розгалужена зірка» забезпечує надійне фізичне та логічне з'єднання між усіма компонентами мережі, включно з робочими станціями, маршрутизаторами та комутаторами. Було сформовано вісім окремих підмереж, що логічно розділяють користувачів відповідно до призначення робочих місць і типу доступу, що підвищує продуктивність і керованість інформаційного трафіку.

Ретельно підібране мережеве обладнання, зокрема Cisco Catalyst 2960X-24PS-L та маршрутизатор Cisco ISR 4331, дозволяє ефективно обробляти внутрішній трафік і реалізувати захищену маршрутизацію між сегментами мережі. Також були впроваджені механізми VLAN, port security та ізоляція гостьових підключень, що гарантує належний рівень контролю доступу. Паралельно, було визначено необхідну кількість кабельної продукції та виконано планування IP-адресації відповідно до стандартів CIDR, що дозволяє гнучко масштабувати мережу в майбутньому.

Таким чином, запропоноване рішення повністю відповідає технічним завданням, забезпечує високий рівень надійності, безпеки й гнучкості при подальшій експлуатації, а також створює основу для розгортання сучасної, керованої комп'ютерної мережі.

У рамках третього розділу було детально реалізовано практичне впровадження локальної комп'ютерної мережі, яка охоплює два окремих корпуси організації, об'єднані в єдину інфраструктуру передачі даних. На основі попередніх розрахунків і технічних вимог було здійснено обґрунтований вибір активного й пасивного обладнання, що забезпечує стабільну роботу мережі,

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 51 |

підтримку VLAN, якісну маршрутизацію, централізоване керування та можливість подальшого масштабування.

Було сформовано комплексну структурну схему з урахуванням фізичних і логічних з'єднань, у якій реалізовано поділ на підмережі, розмежування доступу користувачів та розподілення навантаження між компонентами системи. Значну увагу приділено коректному розміщенню обладнання в телекомунікаційних шафах, прокладенню кабельних трас та організації з'єднань через патч-панелі, оптичні бокси та мережеві розетки.

Оптимальне поєднання волоконно-оптичного з'єднання між корпусами та використання витої пари в межах приміщень дозволило досягти балансу між пропускною здатністю та економічною доцільністю. Завдяки застосуванню високоякісних монтажних матеріалів та елементів комутації, мережа є надійною, доступною для обслуговування та відповідає актуальним стандартам побудови сучасних корпоративних мереж.

Таким чином, виконана практична частина підтверджує працездатність обраної моделі мережі, забезпечує гнучкість і стабільність її функціонування, а також створює надійну основу для розширення інформаційної інфраструктури підприємства в майбутньому.

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 52 |

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ НА ДЖЕРЕЛА

1. Cisco Systems. Cisco ISR 4000 Series. URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/routers/4000-series-integrated-services-routers-isr/index.html> (дата звернення: 05.06.2025).
2. Cisco Catalyst 2960-X Series Switches. URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/catalyst-2960-x-series-switches/index.html> (дата звернення: 05.06.2025).
3. Cisco Packet Tracer. URL: <https://www.netacad.com/courses/packet-tracer> (дата звернення: 05.06.2025).
4. IEEE 802.1Q Virtual LANs. URL: <https://standards.ieee.org/ieee/802.1Q/> (дата звернення: 06.06.2025).
5. ITU-T G.652 – Characteristics of a single-mode optical fibre and cable. URL: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.652> (дата звернення: 06.06.2025).
6. Network Topologies – Cisco Documentation. URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/solutions/Enterprise/Campus/campover.html> (дата звернення: 06.06.2025).
7. Hyperline – телекомунікаційні шафи. URL: <https://hyperline.com.ua/> (дата звернення: 06.06.2025).
8. ZPAS Group – телекомунікаційні шафи та аксесуари. URL: <https://zpasgroup.pl/> (дата звернення: 06.06.2025).
9. Panduit. Каталог рішень для організації СКС. URL: <https://www.panduit.com/> (дата звернення: 07.06.2025).
10. Технічна документація до GLC-SX-MM. URL: <https://www.fs.com/products/11572.html> (дата звернення: 07.06.2025).
11. Стандарти кабельної продукції Cat5e. URL: <https://www.cableorganizer.com/learning-center/articles/ethernet-cables.html> (дата звернення: 07.06.2025).
12. Офіційна документація щодо VLAN. URL:

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 53 |

https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst2960/software/release/15-0_2_se/configuration/guide/scg2960/swVLAN.html (дата звернення: 07.06.2025).

13. Патч-панелі: види та особливості. URL: <https://www.planet.com.tw/en/product/product.php?id=306> (дата звернення: 07.06.2025).

14. Безперебійне живлення мережевого обладнання. APC. URL: <https://www.apc.com> (дата звернення: 08.06.2025).

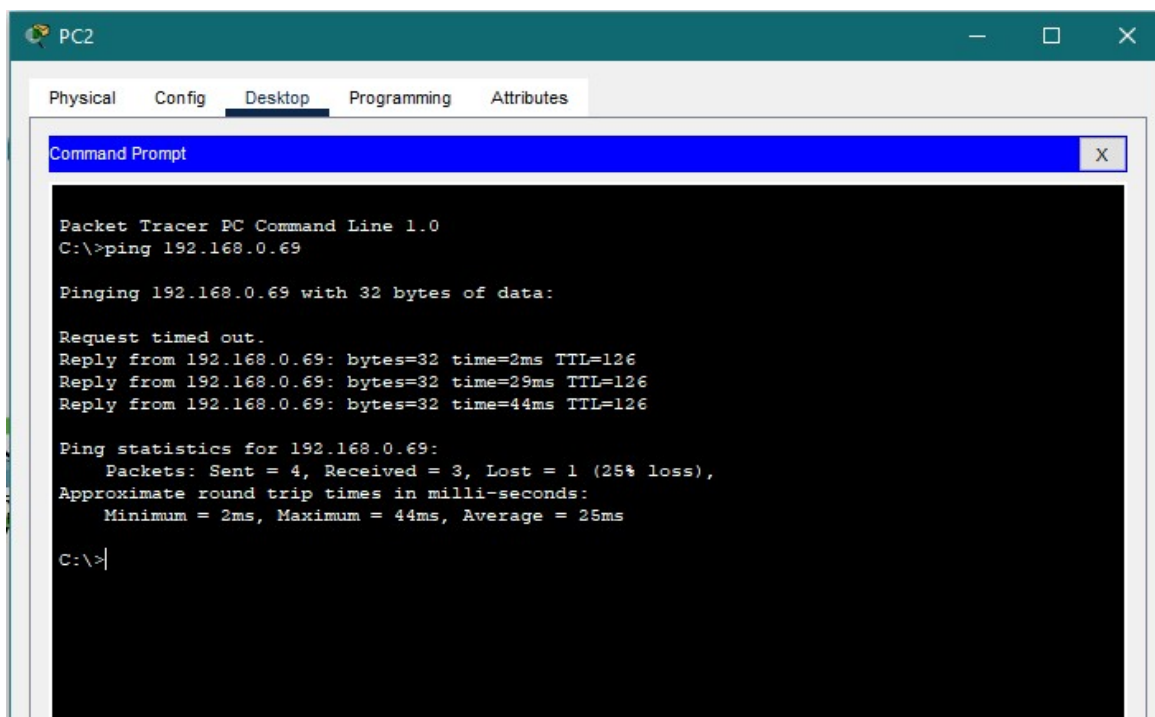
15. Компоненти структурованих кабельних систем. URL: <https://lanmaster.com.ua> (дата звернення: 08.06.2025).

| | | | | | | |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
| | | | | | БР.КІ-21.00.00.000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата | | 54 |

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Результати імітаційного моделювання



```
PC2
Physical Config Desktop Programming Attributes
Command Prompt
Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ping 192.168.0.69

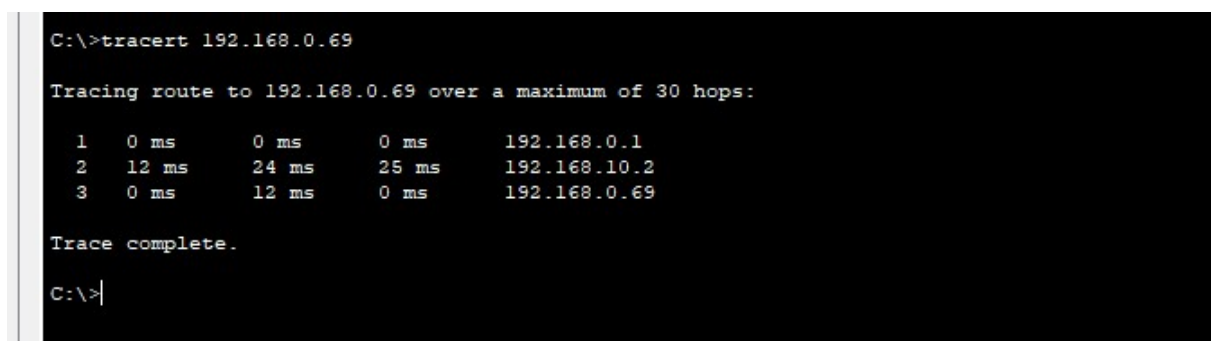
Pinging 192.168.0.69 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Reply from 192.168.0.69: bytes=32 time=2ms TTL=126
Reply from 192.168.0.69: bytes=32 time=29ms TTL=126
Reply from 192.168.0.69: bytes=32 time=44ms TTL=126

Ping statistics for 192.168.0.69:
    Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 2ms, Maximum = 44ms, Average = 25ms

C:\>
```

Рисунок А.1 – Результат ping-запиту між PC2 і PC30



```
C:\>tracert 192.168.0.69

Tracing route to 192.168.0.69 over a maximum of 30 hops:

  0  0 ms    0 ms    0 ms    192.168.0.1
  1  12 ms   24 ms   25 ms   192.168.10.2
  2  0 ms    12 ms   0 ms    192.168.0.69

Trace complete.

C:\>
```

Рисунок А.2 – Трасування мережевого маршруту між PC2 та PC30

БІБЛІОГРАФІЧНА ДОВІДКА

Тема дипломної роботи: «Розробка комбінованої комп'ютерної мережі на основі маршрутизаторів Cisco ISR 4331»

Обсяг пояснювальної записки 54 аркуші.

9 таблиць;

10 рисунки;

6 креслень;

1 додаток.

Дата завершення роботи: *12 червня 2025 р.*

Підпис студента-дипломника _____ *Урванцев В.*