Форма № Н-9.02

Міністерство освіти і науки України

Відокремлений структурний підрозділ «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Відділення інформаційних технологій, менеджменту, туризму та підготовки іноземних громадян
(назва відділення)

Циклова комісія комп'ютерної інженерії
(повна назва циклової комісії)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

фахового молодшого бакалавра
(освітньо-професійного ступеня)

на тему: **Розробка проекту комп'ютерної мережі ПП «Netix-T»**

Виконав: студент IV курсу, групи КІ-412

Спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

_____ Денис РОМАНИШИН
(ім'я та прізвище)

Керівник Наталія ДЗЮБАТА
(ім'я та прізвище)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище)

Тернопіль – 2026

ВІДОКРЕМЛЕНИЙ СТРУКТУРНИЙ ПІДРОЗДІЛ
«ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ
ТЕРНОПІЛЬСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
імені ІВАНА ПУЛЮЯ»

Відділення **інформаційних технологій, менеджменту, туризму та підготовки іноземних громадян**
Циклова комісія **комп'ютерної інженерії**
Освітньо-професійний ступінь **фаховий молодший бакалавр**
Освітньо-професійна програма: **Обслуговування комп'ютерних систем і мереж**
Спеціальність: **123 Комп'ютерна інженерія**
Галузь знань: **12 Інформаційні технології**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова циклової комісії
комп'ютерної інженерії
_____ Андрій ЮЗЬКІВ
"30" березня 2026 року

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

Романишину Денису Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема кваліфікаційної роботи: **Розробка проекту комп'ютерної мережі ПП «Netix-T»**

керівник роботи Дзюбата Наталія Миколаївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

затверджені наказом Відокремленого структурного підрозділу «Тернопільський фаховий коледж Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя» від 27.03.2026р № 4/9-167.

2. Строк подання студентом роботи: 15 червня 2026 року.

3. Вихідні дані до роботи: технічне завдання на розробку системи; категорії бізнес-сигналів; програмні інтерфейси (API) сервісів n8n, OpenAI GPT-4o-mini, RapidAPI/LinkedIn, Supabase та Google Sheets; стандарти ЄСПД (ГОСТ 19.701, ГОСТ 19.201, ГОСТ 19.402); формат обміну даними JSON; технологія REST API.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: загальний розділ; розробка технічного та робочого проєкту; спеціальний розділ; економічна частина; охорона праці, техніка безпеки та життєдіяльності.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
   - План приміщень;
   - План розміщення обладнання;
   - Схема з'єднання мереж;
   - Таблиця техніко-економічних показників.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Економічний розділ	Богдана МАРТИНЮК викладач		
Охорона праці та безпека життєдіяльності	Володимир ШТОКАЛО викладач		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Отримання і аналіз технічного завдання	31.03	
2	Збір і узагальнення інформації	08.05	
3	Написання першого розділу	15.05	
4	Розробка технічного та робочого проекту	22.05	
5	Написання спеціального розділу	28.05	
6	Розрахунок економічної частини	1.06	
7	Написання розділу охорони праці	3.06	
8	Виконання графічної частини	8.06	
9	Оформлення проєкту	10.06	
10	Погодження нормоконтролю	11.06	
11	Попередній захист роботи	12.06	
12	Захист кваліфікаційної роботи		

7. Дата видачі завдання: 31 березня 2026 року

Студент _____ Денис РОМАНИШИН
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник роботи _____ Наталія ДЗЮБАТА
(підпис) (ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Романишин Д.І. Розробка проекту комп'ютерної мережі ПП «Netix-T»: кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-професійного ступеня фахового молодшого бакалавра за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія. Тернопіль: ВСП «ТФК ТНТУ», 2026.

Метою роботи є проєктування високопродуктивної, безпечної та надійної локальної мережевої інфраструктури для ПП «Netix-T». Обґрунтовано вибір технології Ethernet та бездротових точок доступу, розроблено топологію мережі за схемою «розширена зірка», впроваджено сегментацію трафіку засобами 802.1Q VLAN. Складено інструкції з монтажу СКС на базі кабелю UTP cat 5e та конфігурування маршрутизатора MikroTik hEX і керованих комутаторів TP-Link. Працездатність мережі верифіковано за допомогою Ping та iPerf. Розглянуто фінансово-економічне обґрунтування проекту та питання охорони праці, пожежної безпеки й виробничої гігієни.

Робота містить графічну частину на 4 аркушах формату А1 та пояснювальну записку обсягом 82 аркушів, 13 таблиць, 12 рисунків.

Ключові слова: ЛОМ, Ethernet, Wi-Fi, маршрутизатор MikroTik, комутатор, VLAN, iPerf, собівартість, охорона праці, пожежна безпека.

ANNOTATION

Romanyshyn D.I. Development of a Computer Network Project for "Netix-T" PE: qualification work for the professional junior bachelor's degree in specialty 123 Computer Engineering. Ternopil: SEI "TCPC of TNTU", 2026.

The objective is to design a high-performance, secure, and reliable local network infrastructure for "Netix-T" PE. Ethernet technology and wireless access points were justified, a network topology based on the "extended star" scheme was developed, and traffic segmentation via 802.1Q VLAN was implemented. Instructions were compiled for SCS installation using UTP cat 5e cable and configuration of a MikroTik hEX router and TP-Link managed switches. Network functionality was verified using Ping and iPerf. Financial justification and occupational/fire safety requirements were also addressed.

The thesis includes a graphical section on 4 A1 sheets and an explanatory note of 82 pages, 13 tables, and 12 figures.

Keywords: LAN, Ethernet, Wi-Fi, MikroTik router, switch, VLAN, iPerf, cost price, occupational safety, fire safety.

ЗМІСТ

ВСТУП

Динамічний розвиток і глобалізація сфери інформаційних технологій сформували фундаментальні передумови для комплексної модернізації та розгортання інноваційних мережевих інфраструктур на підприємствах різного профілю. Основними чинниками цієї тенденції є масштабна комп'ютеризація виробничих процесів через впровадження високопродуктивних обчислювальних засобів, а також стрімка еволюція телекомунікаційного обладнання та спеціалізованого програмного забезпечення. Це дозволяє проектувати відмовостійкі, масштабовані та захищені корпоративні інформаційні системи, які забезпечують безперебійну колективну роботу персоналу та оперативний обмін даними.

У сучасних умовах комп’ютерна мережа розглядається як інтегрований комплекс обчислювальної техніки та периферійних пристроїв, що об'єднані за допомогою каналів зв’язку в єдину стійку систему з метою оптимізації розподілу апаратних і програмних ресурсів. Технічні компоненти, мережеві сервіси або кінцеві вузли, які виступають безпосередніми джерелами чи споживачами цифрових інформаційних потоків у межах архітектури, класифікуються як її абоненти. Транспортування пакетів даних в аналізованій структурі реалізується шляхом модуляції електричних, оптичних або радіосигналів, де фізичним середовищем для їхнього транзиту слугують кабельні лінії зв’язку чи бездротовий простір.

Практичне розгортання комп’ютерних систем та інфраструктур забезпечує суттєве підвищення загальної ефективності менеджменту підприємства. Ефект від інтеграції сучасних рішень базується на таких критеріях:

- Кардинальне прискорення процесів збору, верифікації та багатопотокової обробки вхідних відомостей.
- Організація централізованого, довготривалого та надійного зберігання корпоративних інформаційних масивів.

- Оптимізація внутрішньої дистрибуції даних та забезпечення санкціонованого спільного доступу до загальних ресурсів.

З огляду на це, діяльність кваліфікованого інженера з комп'ютерних систем, здатного проектувати складні топології, здійснювати адміністрування та гарантувати належний рівень кібербезпеки в локальних і зовнішніх сегментах, є критично важливою умовою для забезпечення стабільного та успішного функціонування приватного підприємства «Netix-T».

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Технічне завдання

1.1.1 Найменування та область застосування

Дана кваліфікаційна робота орієнтована на комплексне проектування та розробку архітектури корпоративної обчислювальної мережі для приватного підприємства «Netix-T». Технічні запити, функціональні завдання та експлуатаційні вимоги аналізованої організації повною мірою корелюють зі стандартними критеріями, що висуваються до телекомунікаційної інфраструктури сучасних суб'єктів господарювання. Впровадження проектованої мережі покликане забезпечити системну інтеграцію інформаційних потоків і раціональний розподіл обчислювального потенціалу компанії.

Організація колективної взаємодії в межах підприємства базується на створенні стійких технічних умов для ефективної командної роботи персоналу над спільними проектами та завданнями, незалежно від їхнього структурного підпорядкування. Це передбачає не лише централізований менеджмент програмного забезпечення за рахунок розгортання та групового функціонування ліцензійного софту в багатокористувацькому режимі, а й раціональний розподіл потужностей обробки даних, що дозволяє динамічно залучать вільні обчислювальні ресурси окремих мережевих вузлів для виконання містких аналітичних операцій.

Для досягнення поставлених цілей архітектура мережі ПП «Netix-T» повинна задовольняти такі базові інфраструктурні вимоги:

- Організація санкціонованого шерингу інформаційних масивів — забезпечення безперебійного й оперативного доступу авторизованих співробітників до корпоративних баз даних та централізованих сховищ із можливістю гнучкого адміністрування прав безпосередньо з локальних робочих станцій.

- Консолідація та сумісне використання апаратного комплексу — мінімізація капітальних витрат і підвищення рентабельності дороговартісного периферійного й обчислювального обладнання шляхом організації відмовостійкого спільного доступу до нього.

- Глобальне мережеве підключення — інтеграція локальної інфраструктури із зовнішнім інформаційним простором для підтримки стабільної бізнес-комунікації, моніторингу ринку та безпечної взаємодії з хмарними сервісами.

1.1.2 Призначення розробки

Головним призначенням проектування та практичного розгортання локальної обчислювальної мережі є формування високооптимізованого, ергономічного та захищеного інформаційно-комунікаційного середовища для забезпечення повноцінної життєдіяльності всього штату співробітників підприємства. Організація даної інфраструктури дозволяє надати персоналу комплекс інноваційних інструментів для автоматизації повсякденних задач, а функціонування створюваної архітектури безпосередньо визначається набором базових критеріїв та технічних параметрів.

Зокрема, ефективність архітектури оцінюється за її продуктивністю, що відображає швидкість обробки і час відгуку мережевих сервісів на поточні запити операторів, а також за пропускною спроможністю, яка визначає кількісний показник інформаційного масиву, що транспортується через канали зв'язку за одиницю часу (базовою метрикою тут виступають біти за секунду, біт/с). Окрім цього, важливе значення має прозорість архітектури, яка передбачає приховування складних внутрішніх процесів комутації та маршрутизації трафіку від кінцевого користувача, зберігаючи при цьому повноцінний доступ до прикладного інструментарію. Стабільність роботи в умовах динамічних змін гарантується сумісністю системи з різнотипним обладнанням від провідних світових вендорів, а також її адаптивністю, тобто здатністю підтримувати працездатність у разі аварійного відключення окремих ліній чи сегментів.

Для детальної оцінки експлуатаційного потенціалу телекомунікаційної структури ПП «Netix-T» виділяють такі пріоритетні інфраструктурні характеристики:

- Відмовостійкість та надійність — комплексне забезпечення безперебійного функціонування апаратних засобів і програмних модулів із одночасним гарантуванням цілісності та недоторканності корпоративних даних.
- Адміністрованість (керованість) — інтеграція спеціалізованих програмних рішень для безперервного моніторингу ліній зв'язку, логування

подій, збору аналітичних відомостей та гнучкого дистанційного керування конфігураціями пристроїв.

- Модернізація та масштабованість — технічний потенціал до планового нарощування кількості обчислювальних вузлів і периферії без необхідності радикальної реструктуризації або капітальної перебудови діючої мережевої моделі.

Процеси накопичення, систематизації та довготривалого збереження спільних корпоративних інформаційних масивів у межах створюваної структури реалізуються на базі виділеного FTP-сервера, що забезпечує високу швидкість обміну файлами. Розроблювана мережева інфраструктура в обов'язковому порядку оснащується захищеним шлюзом для підключення до глобального простору Інтернет. При цьому номінальний швидкісний режим транспортування цифрових інформаційних пакетів у внутрішніх магістральних сегментах проектованої мережі жорстко встановлюється на рівні 1 Гбіт/с, що відповідає сучасним стандартам Gigabit Ethernet.

1.1.3 Вимоги до апаратного та програмного забезпечення

Проектування, апаратне наповнення та програмне конфігурування телекомунікаційної мережі приватного підприємства «Netix-T» мають здійснюватися у суворій відповідності до попередньо визначених технічних і функціональних критеріїв. Архітектурна побудова системи повинна гнучко адаптуватися під організаційну структуру компанії, забезпечуючи високу надійність та інформаційну безпеку.

Для оптимізації внутрішньої взаємодії персоналу, розмежування прав доступу та раціонального розподілу мережевого навантаження у структурі локальної мережі необхідно передбачити логічний поділ на ізольовані робочі групи (VLAN). До комплексу програмно-апаратних засобів висуваються такі специфічні техніко-економічні вимоги:

- Економічна доцільність та доступність — комутаційне обладнання, обчислювальні вузли та периферія мають характеризуватися оптимальним співвідношенням ринкової вартості та продуктивності, низькими експлуатаційними витратами, а також високою ремонтопридатністю для оперативної заміни або відновлення компонентів у разі виходу з ладу.

- Пропускна спроможність та швидкісні режими — усі фізичні інтерфейси, кабельні лінії та активні пристрої повинні гарантувати стабільну підтримку номінальної швидкості транзиту даних, що визначена технічним завданням.

- Ефективність адміністрування — програмне забезпечення та архітектурні рішення мають створювати умови для зручного, централізованого моніторингу стану системи, логування подій і гнучкого керування мережевими конфігураціями.

- Стандарти бездротового зв'язку — інтегрована в інфраструктуру бездротова точка доступу (Wi-Fi) повинна підтримувати сучасні протоколи безпеки й алгоритми шифрування даних (WPA2/WPA3) та функціонувати за мережевими стандартами не нижче IEEE 802.11n для забезпечення належної зони покриття та швидкості з'єднання.

- Керованість мережевого рівня — як центральний комутатор інфраструктури обов'язково має використовуватись пристрій керованого типу (Managed Switch L2/L3), що дозволить реалізувати ефективний контроль над трафіком, пріоритезацію (QoS) та моніторинг портів.

- Організація централізованого сховища — у структурі мережі передбачається обов'язкове розгортання та налаштування виділеного файлового сервера, орієнтованого на безпечне збереження, архівацію та спільний обмін корпоративними даними.

- Периферійне забезпечення загального користування — у межах робочого простору офісу передбачається монтаж бездротової точки доступу та інтеграція мережевого принтера (або багатофункціонального пристрою) з виділеною IP-адресою для колективної експлуатації персоналом підприємства.

1.1.4 Вимоги до документації

Комплексне документування телекомунікаційної інфраструктури виступає базовим інженерним критерієм, що гарантує високу стабільність функціонування, спрощення процедур системного адміністрування та планомірне технічне обслуговування мережі в процесі її експлуатації. Проектні матеріали акумулюють вичерпні технічні відомості про архітектурну конфігурацію системи, специфікації інтегрованих елементів, а також регламентовані алгоритми ліквідації можливих апаратних чи програмних збоїв. Окрім цього, наявність деталізованого пакета документів є обов'язковою передумовою для ефективного планування подальших модернізацій та масштабування мережевих сегментів підприємства.

У результаті виконання проектно-конструкторських робіт обов'язковому формуванню та затвердженню підлягає такий комплект технічної документації:

- план приміщень;
- фізична топологія мережі;
- логічна топологія;
- таблиця IP-адрес;
- таблиця техніко-економічних показників.

Завершення розробки, верифікації та остаточного узгодження вищезазначених інформаційних матеріалів слугує офіційним технічним регламентом для переходу до стадії безпосереднього фізичного монтажу, комутації та пусконалагодження комп'ютерної мережі на об'єкті ПП «Netix-T»

1.1.5 Техніко-економічні показники

На виконання всього комплексу проектно-конструкторських робіт, що включає безпосереднє проектування, програмне налаштування, багаторівневе тестування та фінальне розгортання телекомунікаційної інфраструктури, виділяється чітко регламентований часовий ліміт, обсяг якого становить від 230 до 320 людино-годин. Створювана локальна обчислювальна мережа приватного

підприємства «Netix-T» має функціонувати на базі сучасних технологічних стандартів, забезпечуючи номінальну швидкість обміну даними всередині системи на рівнях 100 Мбіт/с та 1000 Мбіт/с (за технологією Gigabit Ethernet).

При обґрунтуванні проектних рішень особлива увага приділяється балансу між фінансовими інвестиціями та експлуатаційними можливостями інфраструктури. У зв'язку з цим архітектура системи підпорядковується таким інтегрованим техніко-економічним критеріям:

- Актуальність, рентабельність та бюджетні обмеження — матеріально-технічний базис мережі повинен формуватися з урахуванням передових галузевих тенденцій за умови суворого дотримання фінансового ліміту, відповідно до якого сумарна вартість активного комутаційного обладнання має перебувати в межах 20–30 тис. грн.
- Масштабованість та перспективний розвиток — структурна побудова та топологічна схема мережі повинні заздалегідь враховувати технічний потенціал для подальшого безперешкодного нарощування кількості робочих станцій і розширення загальної інфраструктури без модернізації її ядра.

Програмно-апаратна конфігурація розроблюваного проекту також передбачає обов'язкову інтеграцію бездротового сегмента шляхом розгортання захищеної точки доступу (Wi-Fi) для мобільних пристроїв та організації санкціонованого колективного виходу корпоративних користувачів у глобальний простір Інтернет. Окрім цього, для оптимізації документообігу та надійної роботи з файлами в межах підприємства реалізується централізація даних, що базується на впровадженні та адмініструванні виділеного файлового сервера, призначеного для збереження й архівації поточного робочого масиву документації.

1.1.6 Стадії та етапи розробки

Процес проектування та практичної реалізації сучасної телекомунікаційної інфраструктури для приватного підприємства «Netix-T» є багатокомпонентним інженерним завданням.

Воно потребує суворого дотримання технологічної послідовності та всебічного аналізу взаємопов'язаних факторів. Фундаментом для ухвалення раціональних проектних рішень є чіткий розподіл розробки на взаємозумовлені аналітичні та конструкторські етапи.

У межах даного дипломного проекту розробка мережевої архітектури здійснюється за такою послідовною хронологічною схемою:

1. Передпроектне обстеження та визначення масштабів — детальний аудит топографічних особливостей об'єкта, аналіз поточної кількості робочих місць, формування ієрархічної моделі локальної мережі із прив'язкою до адміністративної структури підрозділів підприємства, а також закладання технічного резерву для перспективного розширення системи.

2. Дослідження та моделювання інформаційних потоків — комплексний аналіз інтенсивності, щільності та векторів руху внутрішнього трафіку. На цьому етапі вивчається специфіка даних (документообіг, графічні масиви, мультимедійний контент) для розрахунку необхідної смуги пропускання.

3. Проектування структурованої кабельної системи (СКС) — вибір трас прокладання ліній зв'язку, обґрунтування топології фізичного рівня, оцінка умов монтажу всередині офісних приміщень та розробка комплексу заходів для захисту кабельних трактів від зовнішніх впливів чи пошкоджень.

4. Техніко-економічний підбір та калькуляція апаратних засобів — специфікація та розрахунок параметрів активного (комутатори, маршрутизатори, бездротові точки доступу) і пасивного мережевого обладнання, а також кінцевих обчислювальних вузлів у межах встановленого кошторису.

5. Обґрунтування та вибір програмного комплексу — підбір мережевих операційних систем, серверних платформ і прикладних сервісів за критеріями швидкодії, гнучкості конфігурування, вартості ліцензування, а також розгортання засобів моніторингу, адміністрування та захисту інформації.

6. Розробка рішень з мережевої інтеграції — проектування захищеного периметра мережі, конфігурування шлюзів для надійного підключення до

глобального простору Інтернет та організації санкціонованого доступу до зовнішніх сервісів.

Системне вивчення зазначених стадій дозволяє виявити та оперативно нівелювати потенційні інженерні чи організаційні суперечності на ранніх етапах. Такий підхід забезпечує формування деталізованих технічних вимог до створюваної обчислювальної мережі ПП «Netix-T», що гарантує високу ефективність, відмовостійкість та економічну доцільність впроваджуваного проекту.

1.1.7 Порядок контролю та прийому

Процедура введення розробленої телекомунікаційної інфраструктури приватного підприємства «Netix-T» у промислову експлуатацію регламентується чітким комплексом діагностичних та верифікаційних заходів. Даний етап спрямований на всебічну перевірку функціональних параметрів, виявлення прихованих дефектів та підтвердження відповідності розгорнутих рішень вихідним вимогам технічного завдання.

У процесі проведення пусконалагоджувальних робіт особлива увага приділяється стандартизації фізичного рівня мережі. Усі сформовані кабельні лінії, комутаційні панелі, розетки та міжвузлові з'єднання підлягають обов'язковому чіткому маркуванню згідно з діючими галузевими стандартами. Це є необхідною умовою для забезпечення оперативного системного адміністрування, швидкої ідентифікації портів та спрощення сервісного обслуговування інфраструктури в майбутньому. Інструментальний аудит та сканування параметрів локальної мережі реалізуються із залученням спеціалізованого програмно-апаратного забезпечення — апаратних тестерів (сканерів СКС) та профільних програмних утиліт для аналізу мережевого трафіку й моніторингу мережевих пакетів.

Фінальний етап здачі-прийому об'єкта виступає критично важливою інженерно-правовою процедурою, оскільки від системності її реалізації безпосередньо залежить довготривала відмовостійкість, експлуатаційна надійність

та загальна продуктивність функціонування структурованої кабельної системи протягом усього її життєвого циклу. Взаємодія між сторонами проекту на етапі здачі здійснюється у такій суворій технологічній послідовності:

1. Офіційне сповіщення про завершення робіт — Виконавець, який у повному обсязі виконав монтажні та пусконалагоджувальні процеси, надсилає на адресу Замовника письмове повідомлення про готовність об'єкта. До даного звернення додається вичерпний комплект звітної, проектної та виконавчої документації, що містить схеми топологій, плани приміщень та адресні таблиці.
2. Організація експертного приймання — Замовник, після попереднього аналізу отриманих інформаційних матеріалів, ініціює процедуру всебічної інспекції та контрольних випробувань обчислювальної мережі. З цією метою створюється спеціалізована приймальна комісія, до складу якої залучаються відповідальні особи підприємства та кваліфіковані технічні фахівці.
3. Дотримання часових регламентів та підписання документів — період затвердження складу комісії та початку її роботи не може перевищувати п'яти робочих днів з моменту офіційної реєстрації сповіщення від підрядника. За результатами успішного виконання узгодженої програми випробувань, у разі відсутності будь-яких технічних чи функціональних зауважень, сторонами оформлюється та підписується підсумковий Акт прийому-передачі виконаних робіт.

1.2 Постановка задачі на розробку проекту. Характеристика підприємства, для якого створюється проект мережі

Кінцевою метою даної кваліфікаційної роботи є комплексне проектування, оптимізація та подальше розгортання високопродуктивної локальної обчислювальної мережі, що базується на принципах ієрархічної архітектури, для забезпечення виробничих потреб приватного підприємства «Netix-T». Розроблювана телекомунікаційна інфраструктура покликана консолідувати в межах єдиного інформаційного простору весь наявний парк персональних

комп'ютерів, серверних потужностей та периферійного обладнання. Це дозволить реалізувати швидкісний обмін інформаційними пакетами, впровадити централізоване та захищене збереження даних на виділеному серверному вузлі, а також організувати санкціонований колективний доступ співробітників компанії до внутрішніх ресурсів та глобальної мережі Інтернет.

Відповідно до затвердженого архітектурно-планувального плану та геометричних особливостей офісних приміщень підприємства, топологічне розміщення обчислювальної техніки, комутаційних засобів і периферії передбачає функціональний поділ об'єкта. Зокрема, у правому верхньому крилі будівлі розташовується спеціалізована серверна кімната, яка виконує роль головного комутаційного центру мережі. У межах цієї зони, із дотриманням регламентованих кліматичних та безпекових умов, здійснюється монтаж центрального маршрутизатора R_1, комутатора ядра SW_1, виділеного сервера S_1, а також локальної робочої станції адміністратора WS_35.

Інші приміщення та зони загального доступу підприємства підпорядковані таким критеріям просторового розподілу мережевих компонентів:

- Робочі зони персоналу та кабінети — призначені для безпосереднього функціонування основного комп'ютерного парку компанії, який сумарно налічує 34 стаціонарні робочі станції WS_1 – WS_34, інтегровані в загальну структуру за територіальним та функціональним принципами.
- Сегменти локального доступу та бездротового покриття — сформовані на базі периферійних комутаторів W_2, SW_3, SW_4, SW_5, SW_6, які агрегують трафік робочих груп, забезпечують підключення двох мережевих принтерів PR_1 та PR_2 для колективного документообігу, а також живлять бездротові точки доступу AP_1 та AP_2, розміщені в коридорах для створення суцільної зони Wi-Fi.

Така структура дозволяє забезпечити високу відмовостійкість системи, гнучке розмежування прав користувачів на рівні комутації доступу та створює надійне підґрунтя для масштабування бізнес-процесів ПП «Netix-T».

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ТА РОБОЧОГО ПРОЕКТУ

2.1 Розробка та обґрунтування логічної та фізичної схем мережі

Базовим архітектурним і технологічним стандартом для побудови сучасних локальних обчислювальних мереж (ЛОМ) виступає технологія Ethernet. Вона забезпечує стійку міжмашинну взаємодію цифрових пристроїв та терміналів у межах локалізованого простору, такого як офісний комплекс, поверх чи окрема споруда, керуючись уніфікованим набором протокольних правил. Даний комунікаційний стандарт чітко регламентує процеси інкапсуляції інформаційних масивів у кадри (фрейми), принципи фізичної та логічної адресації вузлів, а також механізми контролю доступу до загального середовища транзиту даних у межах виділеного мережевого сегмента.

Діючі специфікації технології Ethernet охоплюють широкий швидкісний діапазон, що дозволяє гнучко масштабувати систему. Сюди належать як класичні стандарти Fast Ethernet (10/100 Мбіт/с) та Gigabit Ethernet (1 Гбіт/с), так і сучасні високошвидкісні архітектури, орієнтовані на пропускну здатність від 2,5 до 400 Гбіт/с. Стандартизація інституту IEEE 802.3 суворо визначає параметри фізичних носіїв (номенклатуру кабельної продукції та інтерфейсних роз'ємів), а також логічні процедури функціонування канального рівня еталонної моделі взаємодії відкритих систем (OSI). Завдяки високим показникам експлуатаційної надійності, низькій питомій вартості порту та технологічній зрілості, Ethernet повністю витіснив альтернативні застарілі технології (зокрема Token Ring, ARCNET та FDDI), перетворившись на універсальну транспортну платформу для сучасних мережевих стеків, перш за все TCP/IP.

Технологія Wi-Fi як бездротове розширення мережі

У ролі ефективної бездротової альтернативи традиційній кабельній інфраструктурі виступає технологія Wi-Fi, що функціонує на базі радіочастотного зв'язку у відповідності до специфікацій сімейства IEEE 802.11. Інтеграція

бездротових рішень дозволяє суттєво підвищити гнучкість, мобільність та адаптивність мережевої інфраструктури приватного підприємства «Netix-T».

Застосування радіотехнологій у даному проекті спрямоване на розв'язання комплексу інженерних та організаційних завдань, що включають формування динамічного робочого простору для портативної та мобільної техніки штатного персоналу. Окрім цього, за допомогою Wi-Fi реалізується розгортання ізольованого гостьового сегмента мережі для безпечного підключення клієнтів, аутсорсерів або партнерів компанії без ризику несанкціонованого доступу до конфіденційного ядра системи. Такий підхід також є незамінним для підключення окремих робочих місць або обладнання у зонах офісу, де фізичне прокладання мідних ліній зв'язку є архітектурно неможливим, недоцільним чи фінансово невигідним.

Обґрунтування вибору технології та топології для ПП «Netix-T»

Для успішної реалізації проекту комп'ютерної мережі ПП «Netix-T» як домінуючий базис обрано дротову технологію Ethernet, що аргументовано її високим рівнем відмовостійкості, мінімальною капіталомісткістю апаратних засобів та простотою процедур подальшого системного адміністрування.

Основною конфігурацією об'єкта визначено ієрархічну децентралізовану топологію «розширена зірка». Дана архітектурна модель будується на основі головного комутатора ядра SW_1, змонтованого у захищеному приміщенні серверної кімнати, та п'яти віддалених периферійних комутаторів доступу (SW_2, SW_3, SW_4, SW_5, SW_6). Описана схема гарантує високу ефективність менеджменту внутрішнього трафіку, локалізацію та ізоляцію можливих аварійних ситуацій у межах конкретних кабінетів, а також гнучку централізацію управління. Враховуючи інтеграцію бездротового підмережевого сегмента через дві точки доступу (AP_1 та AP_2), які підключені до периферійних комутаторів доступу SW_4 та SW_5 відповідно, підсумкова архітектура мережі підприємства набуває комбінованого (гібридного) характеру.

Огляд базових мережевих топологій

В інженерній практиці при проектуванні ЛОМ аналізують кілька базових варіантів просторового об'єднання пристроїв, кожен з яких має свої експлуатаційні особливості:

1. Топологія «зірка» — передбачає радіальне підключення кожного окремого обчислювального вузла до центрального комутаційного апарату за допомогою виділеної незалежної кабельної лінії. Усі внутрішні інформаційні потоки транслюються безпосередньо через центральний вузол, що мінімізує ймовірність виникнення колізій і забезпечує високі швидкісні показники. До обмежень структури належать підвищена витрата кабельних матеріалів та жорстка залежність потенційного розширення від ємності портової бази комутатора.

2. Топологія «кільце» — характеризується послідовним об'єднанням усіх мережевих вузлів у замкнений функціональний контур. Передача інформаційних сигналів здійснюється транзитно від одного ПК до іншого в єдиному напрямку. Ключовими недоліками є критична залежність працездатності всієї інфраструктури від справності будь-якого одиничного комп'ютера та прогресуюче зростання затримок при нарощуванні кількості клієнтів.

3. Ієрархічна деревоподібна структура — являє собою багаторівневу комбінацію, яка гармонійно поєднує позитивні властивості «зірки» та інших базових схем. Мережа має чітко визначений корінь у вигляді головного комутатора ядра SW_1 в серверній, від якого відгалужуються підпорядковані комутаційні пристрої робочих груп нижчих рівнів. Вона характеризується високим рівнем масштабованості та зручністю централізованого контролю, забезпечуючи підключення 35 робочих станцій (WS_1 – WS_35) та двох мережевих принтерів. Проте вихід з ладу кореневого пристрою ядра призводить до деградації зв'язку та повної зупинки інформаційного обміну між різними підмережами.

Кабельна підсистема та середовище передавання даних

Фізична структура ЛОМ приватного підприємства «Netix-T» проектується відповідно до вимог стандарту Ethernet 1000Base-T. Як основне середовище для транзиту високочастотних сигналів обрано чотирипарний неекранований кабель типу «вита пара» (UTP) категорії 5е. Цей тип фізичного носія має стійке фабричне маркування експлуатаційних параметрів і гарантує стабільну швидкість обміну даними до 1 Гбіт/с на дистанціях до 100 метрів від відповідного комутаційного вузла доступу (SW_2 – SW_6) до кінцевого обладнання (робочих станцій чи принтерів).

Для нівелювання ризиків втрати продуктивності та забезпечення абсолютної апаратної сумісності, всі компоненти горизонтальної кабельної підсистеми (монтажні кабелі, крос-панелі в серверній, комутаційні шнури (патч-корди) та порти активних пристроїв) повинні належати до єдиної категорії (не нижче 5е). Мережева інфраструктура на базі мідної витої пари відрізняється максимальною ремонтопридатністю, зручністю в процесі локалізації лінійних несправностей та високою надійністю при щоденній експлуатації. Регламентований порядок розведення та схема обтискання провідників представлені на рисунку 2.1.

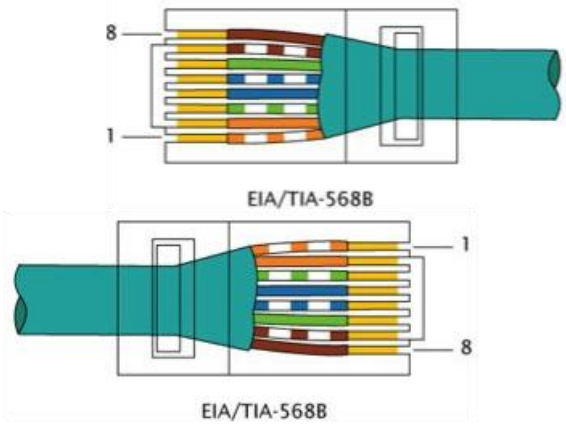


Рисунок 2.1 — Неекранована вита пара категорії 5е. Правило обтискання конектора

Таблиця 2.1 та таблиця 2.2 містять зведену інформацію про сегменти проектованої мережі, їх IP-адреси, назви приміщень/робочих груп та відповідні VLAN.

Таблиця 2.1 – Логічна адресація в мережі

Ідентифікація хостів	Робочий сегмент / Апаратний вузол	Кількість вузлів	Назва кабінету / Локація розміщення	Індекс VLAN	Адресний простір / Діапазон IP
1	2	3	4	5	6
WS_25 – WS_35	SW_6	11	Зал 1	32	192.168.32.0/24
WS_9 – WS_18	SW_4	10	Зал 2	31	192.168.31.0/24
PR_2	SW_4	1	Зал 2	31	192.168.31.0/24
WS_19 – WS_24	SW_5	6	Зал 3	32	192.168.32.0/24
WS_1 – WS_3	SW_2	3	Тех. відділ	31	192.168.31.0/24
WS_4 – WS_8	SW_3	5	Зал 4	31	192.168.31.0/24
PR_1	SW_3	1	Зал 4	31	192.168.31.0/24
AP_1, AP_2	SW_4, SW_5	2	Коридор	33	192.168.33.0/24
S_1	SW_1	1	Серверна	30	192.168.30.0/24
R_1, SW_1 – SW_6	Ядро / Доступ	7	Серверна	10	192.168.10.0/24

Таблиця 2.2 — Таблиця конфігурування VLAN

№ п/п	Апаратний вузол	Номер порту	Тип порту	пристрій інфраструктури	Номер порту	Закріплені індекси VLAN
A	1	2	3	4	5	6
1	R_1	ether2	Trunk	SW_1	ether1	10, 30, 31, 32, 33
2		ether2	Trunk	SW_2	ether1	10, 31

Продовження таблиці 2.2

A	1	2	3	4	5	6
3		ether3	Trunk	SW_3	ether1	10, 31
4	SW_1	ether4	Trunk	SW_4	ether1	10, 31, 33
5		ether5	Trunk	SW_5	ether1	10, 32, 33
6		ether6	Trunk	SW_6	ether1	10, 32
7		ether24	Trunk	S_1	ether1	30
8	SW_2	ether2–ether4	Access	WS_1 – WS_3	ether1	31
9	SW_3	ether2–ether6	Access	WS_4 – WS_8	ether1	31
10	SW_3	ether7	Access	PR_1	ether1	31
11	SW_4	ether2–ether11	Access	WS_9 – WS_18	ether1	31
12	SW_4	ether12	Access	PR_2	ether1	31
13	SW_4	ether13	Access	AP_1	ether1	33
14	SW_5	ether2–ether7	Access	WS_19 – WS_24	ether1	32
15	SW_5	ether8	Access	AP_2	ether1	33
16	SW_6	ether2–ether12	Access	WS_25 – WS_35	ether1	32

2.2 Обґрунтування вибору комунікаційного обладнання

Для практичної реалізації логічної архітектури та фізичного розгортання структури обчислювальної мережі приватного підприємства «Netix-T», що відображені на графічних планах об'єкта, необхідним є залучення спеціалізованого комплекту телекомунікаційного устаткування. Специфікація апаратної бази формується з урахуванням ієрархічності системи та функціонального навантаження на кожному її рівні.

Для розгортання мережевої інфраструктури передбачено закупівлю та налаштування таких технічних засобів:

1. Центральний комутатор ядра мережі — 1 одиниця.
2. Периферійні комутатори рівня доступу для підключення локальних робочих груп (кабінетів та технічного відділу) — 5 одиниць
3. Головний маршрутизатор для організації захищеного периметра безпеки, міжсегментної маршрутизації та організації доступу до мережі Інтернет — 1 одиниця.
4. Бездротові стельові точки доступу Wi-Fi для організації мобільного й гостьового офісних сегментів — 2 одиниці.
5. Виділений високопродуктивний серверний комп'ютер — 1 одиниця.

Остаточний підбір конкретних апаратних моделей та брендів здійснюється на основі аналізу актуальних техніко-комерційних пропозицій вітчизняного IT-маркетплейсу BRAIN, що дозволяє оптимізувати витрати у межах виділеного кошторису.

Вибір комутаторів робочих груп

Враховуючи специфіку архітектурної побудови та реальну щільність розміщення робочих місць в офісних кабінетах підприємства, базовими технічними критеріями для відбору комутаторів рівня доступу визначено такі параметри.

По-перше, місткість фізичних портів повинна становити від 8 до 16 інтерфейсних одиниць, залежно від концентрації персоналу у конкретному залі.

По-друге, номінальна пропускна здатність інтерфейсів має дорівнювати 1 Гбіт/с (за стандартом Gigabit Ethernet) для повного нівелювання затримок при інтенсивному внутрішньому обміні даними.

По-третє, тип керування пристроїв обов'язково має бути керованим (Smart чи Managed) для забезпечення повноцінної підтримки технології віртуальних мереж (VLAN) та безпечної логічної ізоляції трафіку залів, як це передбачено проектними вимогами.

За результатами попереднього моніторингу ринку телекомунікаційного обладнання для порівняльного аналізу було відібрано три конкурентні моделі, ключові технічні та експлуатаційні характеристики яких зведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 — Порівняльна характеристика 16-портових керованих комутаторів

Модель / Бренд	TP-Link TL-SG116E	D-Link DGS-1100-16V2	Netgear GS116E
1	2	3	4
Класифікація	Налаштовуваний (Easy Smart)	Керований (Smart Managed)	Налаштовуваний (Plus Switch)
Кількість портів	16	16	16
Специфікація порту	16 x Gigabit Ethernet	16 x Gigabit Ethernet	16 x Gigabit Ethernet
Підтримка 802.1Q VLAN	Так (до 32 груп)	Так (до 128 груп)	Так (до 100 груп)
Сумісність із технологією PoE	Ні	Ні	Ні
Матеріал виконання	Метал	Метал	Метал
Фізичні розміри (ШхДхВ)	286 x 111.7 x 25.4 мм	280 x 180 x 44 мм	286 x 101 x 26 мм
Гарантія	24 міс.	24 міс.	36 міс.
Країна-виробник	Китай	Китай	Китай

Зіставлення ключових параметрів дозволило визначити найбільш раціональний варіант для побудови рівня доступу ЛОМ ПП «Netix-T». Орієнтуючись на компроміс між доступною ціною, експлуатаційною стійкістю та системними можливостями апаратури, базовим вибором визначено комутатор моделі TP-Link TL-SG116E.

Рисунок 2.2 – Комутатор TP-LINK TL-SG116

Структурна схема проектованої мережі також вимагає інтеграції центрального комутаційного пристрою з великою кількістю портів. Ключовою вимогою до цього вузла виступає коректне функціонування з технологією віртуальних мереж (VLAN). Для детального обґрунтування закупівлі сформовано порівняльний аналіз, представлений у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Порівняльна характеристика керованих комутаторів

Модель / Бренд	TP-Link TL-SG3428	D-Link DGS-1210-28/ME	Cisco CBS250-24T-4G
1	2	3	4
Класифікація	Керований L2 (JetStream)	Керований L2 (Metro Ethernet)	Керований L2 (Business)
Кількість портів RJ-45	24	24	24
Швидкість портів	1000 Мбіт/с	1000 Мбіт/с	1000 Мбіт/с
Додаткові інтерфейси	4 x Gigabit SFP слоти	4 x Gigabit SFP слоти	4 x Gigabit SFP слоти
Підтримка 802.1Q VLAN	Так (до 4К груп)	Так (до 4К груп)	Так (до 4К груп)
Комутаційна матриця	56 Гбіт/с	56 Гбіт/с	56 Гбіт/с

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
Тип корпусу / Монтаж	Метал (1U в стійку)	Метал (1U в стійку)	Метал (1U в стійку)
Гарантія	24 міс.	12 міс.	60 міс.
Країна-виробник	Китай	Китай	Китай

Спираючись на аналітичні відомості з таблиці 2.4, найбільш виправданим кроком за критеріями функціональності, надійності та бюджету визнано інтеграцію комутатора TP-Link TL-SG3428.

Рисунок 2.3 – Керований комутатор TP-Link TL-SG3428

Вибір точок доступу Wi-Fi

Розгортання бездротового сегмента інфраструктури ПП «Netix-T» спрямоване на організацію безперебійного та безпечного підключення портативних пристроїв. Для цього в коридорних локаціях біля Залу 2 та Залу 3 передбачено монтаж двох стельових радіомодулів, що нівелює появу зон згасання сигналу.

Базовий інженерний відбір бездротових пристроїв здійснювався за такими параметрами:

- Обов'язкове паралельне функціонування у частотних спектрах 2.4 GHz та 5 GHz для оптимізації клієнтського навантаження.
- Підтримка високошвидкісних специфікацій зв'язку не нижче стандартів IEEE 802.11ac / IEEE 802.11ax.

- Наявність фізичних інтерфейсів Gigabit Ethernet для виключення обмежень трафіку на стику дротового та радіосегментів.
- Реалізація дистанційного живлення та адміністрування за технологією PoE для оптимізації монтажу на стелі.

Зведена специфікація трьох відібраних офісних рішень бізнес-класу з каталогів компанії Brain наведена в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 — Порівняльна характеристика точок доступу

Бренд	TP-Link	Ubiquiti	MikroTik
1	2	3	4
Характеристика	TP-Link EAP245	Ubiquiti UniFi AP AC Pro	MikroTik cAP ax
Модель	EAP245	UniFi AP AC Pro	cAP ax
Стандарти Wi-Fi	802.11ac Wave 2 / a/b/g/n	802.11ac / a/b/g/n	802.11ax (Wi-Fi 6) / a/b/g/n/ac
Діапазони частот	2.4 GHz, 5 GHz (Dual-Band)	2.4 GHz, 5 GHz (Dual-Band)	2.4 GHz, 5 GHz (Dual-Band)
Сукупна швидкість Wi-Fi	До 1750 Мбіт/с	До 1750 Мбіт/с	До 1800 Мбіт/с (AX1800)
Швидкість по діапазонах	2.4 GHz: 450 Mbps, 5 GHz: 1300 Mbps	2.4 GHz: 450 Mbps, 5 GHz: 1300 Mbps	2.4 GHz: 574 Mbps, 5 GHz: 1201 Mbps
Кількість Ethernet портів	2 x Gigabit Ethernet (RJ-45)	2 x Gigabit Ethernet (RJ-45)	2 x Gigabit Ethernet (RJ-45)
Тип антени	Вбудована (2.4GHz: 3.5dBi, 5GHz: 4dBi)	Вбудована (2.4GHz: 3dBi, 5GHz: 3dBi)	Вбудована (2.4GHz: 6dBi, 5GHz: 5.5dBi)

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
Форм-фактор	Для приміщень, стельовий/настінний	Для приміщень/зовнішній, стельовий	Для приміщень, стельовий
Габарити	206 x 182 x 37 мм	196.7 x 196.7 x 35 мм	228 x 228 x 48 мм
Гарантія	24 міс.	12 міс.	12 міс.

Оцінка наведених технічних даних підтверджує, що для стабільного бездротового зв'язку в офісі найдоцільніше використовувати модель Ubiquiti UniFi AP AC Pro.

Рисунок 2.4 – Точка доступу Ubiquiti UniFi AP AC Pro

Для захисту зовнішнього периметра, комутації віртуальних мереж (VLAN) та маршрутизації інтернет-трафіку в серверному приміщенні встановлюється центральний шлюз.

За підсумками аналізу мережевих функцій, гнучкості ОС та ціни, базовим обладнанням обрано гігабітний маршрутизатор MikroTik hEX (RB750Gr3), параметри якого деталізовано в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 — Параметри маршрутизатора:

Модель	MikroTik hEX (RB750Gr3)
Архітектура процесора	MMIPS
Модель процесора	MediaTek MT7621A (2 ядра, 4 потоки)
Тактова частота процесора	880 МГц
Оперативна пам'ять (RAM)	256 МБ
Об'єм флеш-пам'яті (ROM)	16 МБ
Загальна кількість портів Ethernet	5
Швидкість портів Ethernet	10/100/1000 Мбіт/с (Gigabit Ethernet)
Операційна система	RouterOS (Licence level 4)
Апаратне шифрування (IPsec)	Так (вбудований чіп розвантаження)
Додаткові інтерфейси	1 x USB 2.0 type A, 1 x microSD слот
Вхідна напруга (PoE-in)	8–30 В (Passive PoE)
Максимальна споживана потужність	10 Вт
Форм-фактор / Матеріал корпусу	Настільний / Пластик
Габаритні розміри	113 x 89 x 28 мм
Ціна (UAH/USD)	2 459 UAH/55 USD

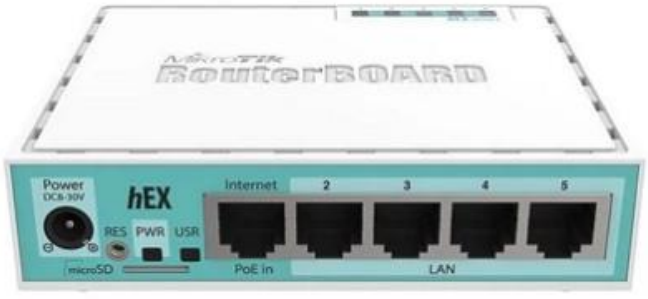


Рисунок 2.5 - Гігабітний маршрутизатор MikroTik hEX (RB750Gr3).

Підсумковий перелік телекомунікаційних пристроїв та витратних матеріалів, необхідних для розгортання мережевої структури ПП «Netix-T» з урахуванням актуальної вартості у торговельній мережі Brain, зведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 — Зведена таблиця розрахунку необхідності телекомунікаційного обладнання та матеріалів

Назва елемента	Позначення	Модель	Ціна, UAH.	Од. вим.	К-ть
1	2	3	4	5	6
Кабель вита пара	-	UTP cat 5e (4 пари)	12.00	м	610
Мережеві конектори	-	RJ-45 Cat 5e	3.80	шт	100
Комутатор робочих груп	SW_2, SW_3, SW_4,SW_5,SW_6	TP-Link TL-SG116E	3299.00	шт	5
Центральний комутатор ядра	SW_1	TP-Link TL-SG3428	6500.00	шт	1
Головний маршрутизатор	R_1	MikroTik hEX (RB750Gr3)	2459.00	шт	1
1	2	3	4	5	6
Бездротова точка доступу	AP_1, AP_2	Ubiquiti UniFi AP AC Pro	4400.00	шт	2
Серверний комп'ютер	S_1	Виділена конфігурація	32000.00	шт	1

2.3 Особливості монтажу мережі

Практична реалізація кабельної інфраструктури, що базується на неекранованій витій парі типу UTP cat 5e, розглядається як найбільш відповідальний етап розгортання локальної мережі приватного підприємства «Netix-T». Оскільки телекомунікаційна модель об'єкта підпорядкована топології «розширена зірка» з розміщенням комутатора ядра SW_1 у серверній та п'яти віддалених пристроїв доступу SW_2 – SW_6 безпосередньо у кабінетах, експлуатаційна стабільність магістральних і клієнтських ліній жорстко залежить від дотримання інженерно-технологічних регламентів. Будь-які відхилення від норм укладання кабелю неминуче викликають затухання високочастотного сигналу, виникнення перехресних наведень, дропи пакетів або критичне обмеження швидкості порту нижче проектного рівня 1 Гбіт/с.

Під час виконання робіт із розгортання структурованої кабельної системи (СКС) інженерний персонал повинен забезпечити беззаперечне виконання комплексу базових фізико-технічних вимог щодо поводження з лінійними трактами:

- Радіус вигину та механічні обмеження — деформація мідних провідників під гострим кутом повністю виключається. Мінімальний радіус вигину при монтажних маніпуляціях повинен становити не менше чотирьох зовнішніх діаметрів кабельного виробу (в межах 25–30 мм). Оскільки магістральні кабельні пучки від центрального комутатора ядра SW_1 прямують вздовж коридору до Залів 2 і 3 та інших робочих зон, на всіх кутових ділянках траси обов'язково встановлюються пластикові направляючі або спеціальні поворотні кабель-канали. Недотримання цієї норми порушує фабричний крок скручування внутрішніх пар, провокуючи деградацію сигналу на робочих частотах 100–125 МГц.
- Зусилля натягу та термінування інтерфейсів — у процесі протягування ліній крізь стінові перегородки та всередині коробових конструкцій забороняється створювати надмірні механічні навантаження на розтягування,

гранична межа яких обмежена рівнем 110 Н, оскільки перевищення цього показника викликає деформацію міді та електричну асиметрію. При монтажі конекторів RJ-45 на робочих місцях користувачів WS_1 – WS_35, а також при розведенні патч-панелей, розплетення захисного кроку витої пари допускається на довжину не більше 13 мм. Всі з'єднання виконуються суворо за єдиною схемою T568B, а змішування різних стандартів у межах ЛОМ суворо заборонено.

Паралельно з цим забезпечується надійна ізоляція від джерел електромагнітних завад: траси витої пари UTP прокладаються на відстані не менше 30–50 см від силових електричних кабелів, люмінесцентних світильників та розподільних щитів будівлі, а в місцях неминучого перетину з електропроводкою кут пересечення має становити строго 90 градусів.

Організація кабельних трас та методи прокладання

Вибір захисних конструкцій для укладання кабельної продукції безпосередньо залежить від конкретної архітектурної зони підприємства. Всередині Залів 1, 2, 3, 4 та Технічного відділу лінії від комутаторів до ПК монтуються у настінних пластикових коробах відповідного перерізу, що гарантує захист від пошкоджень офісними меблями та зберігає естетику приміщень.

При проходженні транзитних ділянок крізь капітальні стіни (зокрема, при виході магістралей із Серверної кімнати) обов'язково встановлюються захисні металеві або жорсткі пластикові гільзи, заповнені вогнетривким герметиком, а у коридорних зонах для підключення точок доступу AP_1 та AP_2 кабель укладається за фальш-стелею всередині гнучких самозатухаючих гофрованих труб ПВХ, які фіксуються до перекриття за допомогою кліпс.

Дотримання обмеження довжини сегмента та захист інфраструктури

Для забезпечення стабільної роботи інтерфейсів 1000Base-T сумарна протяжність одного каналу від порту комутатора до мережевої карти ПК не повинна перевищувати 100 метрів. Цей ліміт розподіляється у такий спосіб: максимальна довжина монолітного кабелю в кабель-каналі становить 90 метрів, а на сумарну довжину гнучких патч-кордів для комутації на обох кінцях відводиться

не більше 10 метрів. Враховуючи компактне розташування залів відносно Серверної кімнати на нашому плані, максимальна довжина найвіддаленішої лінії до Залу 4 та Технічного відділу не перевищує 65–70 метрів, що забезпечує солідний інженерний запас затухання сигналу.

Кабельні траси проектуються в обхід зон інтенсивного руху персоналу, дверних прорізів та радіаторів опалення. Кожен змонтований кабель підлягає обов'язковому двосторонньому маркуванню: на обох кінцях лінії (на патч-панелі в серверній та на відповідному комутаційному порті чи розетці в залі) наклеюються зносостійкі етикетки з унікальним індексом пристрою за принципом відправника й отримувача (наприклад: SW_6/Port_02 > WS_25).

Післямонтажне тестування та перевірка якості ЛОМ

Після завершення укладання ліній та фіксації обладнання виконується обов'язкова інструментальна перевірка кожного змонтованого порту. Первинний етап передбачає аудит цілісності провідників, відсутності коротких замикань та правильності схеми розведення жил за допомогою цифрового LAN-тестера.

Для підтвердження повної відповідності змонтованої системи стандарту ANSI/TIA-568 та гарантії гігабітної швидкості, лінії проходять сертифікаційне тестування на рівень затухання сигналу, поворотні втрати та показники перехресних завад (NEXT, FEXT). Результати цієї перевірки є підставою для введення локальної мережі ПП «Netix-T» в експлуатацію.

2.4 Тестування комп’ютерної мережі

Для всебічного інспектування функціонального стану розгорнутої локальної інфраструктури приватного підприємства «Netix-T» та виявлення потенційних помилок у мережевих конфігураціях доцільно впровадити програмний інструментарій iPerf. Цей кросплатформений консольний софт діє як ефективний засіб для проведення базового аудиту комунікаційних каналів як у дротових магістралях стандарту 1000Base-T, так і в бездротових радіосегментах офісу.

Головне призначення iPerf полягає у прецизійному вимірюванні реальної пропускної здатності ліній зв'язку між парою мережевих об'єктів незалежно від типу встановлених операційних систем. Слід зазначити, що утиліта орієнтована виключно на аналіз внутрішнього локального трафіку підприємства, який проходить через центральний комутатор ядра SW_1, периферійні пристрої SW_2 – SW_6 та точки доступу Ubiquiti UniFi AP AC Pro, і не застосовується для оцінки швидкості зовнішнього інтернет-доступу. Такий підхід дозволяє оперативно локалізувати деградацію швидкості у внутрішній структурі залів компанії, оцінити якість пусконалагоджувальних робіт, а також за потреби самостійно здійснити точкове усунення дефектів.

Вимірювання швидкісних характеристик може проводитись у будь-яких варіаціях з'єднань, зокрема LAN–LAN (між робочими станціями різних залів через ядро), Wi-Fi–Wi-Fi або в гібридному режимі LAN–Wi-Fi. Для ініціалізації процесу діагностики iPerf запускається на обох пристроях, що залучені до перевірки, де один вузол бере на себе роль сервера (приймача інформаційного потоку), а інший функціонує як клієнт (генератор тестового трафіку).

Інсталяція утиліти iPerf

Процедура підготовки програмного засобу до роботи складається з таких послідовних етапів:

1. Завантаження дистрибутива — архівний файл утиліти завантажується з офіційного веб-ресурсу iperf.fr, при цьому обирається версія, яка суворо відповідає архітектурі та розрядності операційної системи цільового комп'ютера.

2. Розпакування та розміщення — завантажені матеріали розархівовуються безпосередньо в корінь системного накопичувача C:\ у новостворену директорію iperf, склад якої обов'язково містить виконуваний файл iperf3.exe та бібліотеку сумісності cygwin1.dll.

Запуск та ініціалізація iPerf

Оскільки утиліта позбавлена інтегрованого графічного інтерфейсу, її активація та керування параметрами здійснюються через інтерфейс командного рядка (CLI) за таким алгоритмом:

1. Ініціалізувати консоль командного рядка шляхом активації пошукового меню «Пуск» або за допомогою комбінації клавіш Win + R з подальшим введенням директиви cmd та підтвердженням клавішею Enter.

2. У термінальному вікні виконати перехід до робочої директорії з файлами програми за допомогою команди: cd C:\iperf

Верифікація мережевої IP-адреси (ipconfig)

Обов'язковою інженерною умовою перед початком сесії тестування є визначення актуальних мережевих реквізитів пристрою у межах ЛОМ ПП «Netix-T». На робочій станції, яка виконуватиме функції сервера (наприклад, виділений сервер S_1 у серверній кімнаті або будь-який ПК у залах), у консолі вводиться стандартна системна команда: ipconfig

Вказана директива відображає на екрані розгорнуті параметри всіх активних мережевих адаптерів обчислювального вузла, де у відповідному полі фіксується поточна IPv4-адреса інтерфейсу (див. рис. 2.6).

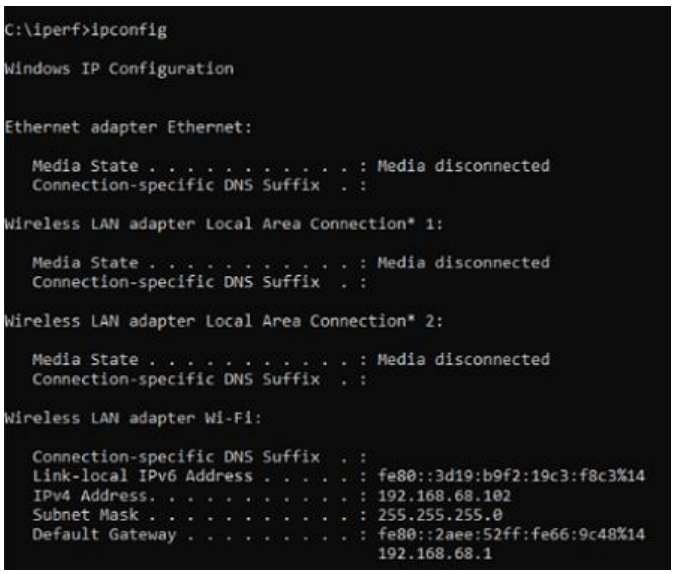


Рисунок 2.6 — Визначення IPv4-адреси мережевого інтерфейсу сервера за допомогою утиліти ipconfig

У виведеній системній інформації особливу увагу слід приділити рядку IPv4 Address, оскільки дане значення буде використовуватись на клієнтській стороні для спрямування генерованого трафіку. Згідно з розробленим адресним планом (Таблиця 2.1), при тестуванні сервера S_1 відобразиться адреса 192.168.30.10, при тестуванні станцій Залу 2 або Залу 4 — координати з підмережі 192.168.31.0/24, а для Залу 1 та Залу 3 — з простору 192.168.32.0/24.

Запуск у режимі сервера

Для переведення утиліти iPerf на цільовому вузлі в режим очікування та прийому тестових пакетів застосовується така команда (див. рис. 2.7): iperf3.exe -s

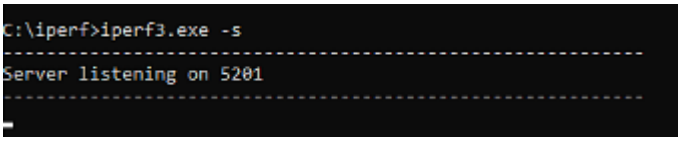


Рисунок 2.7 — Запуск утиліти iPerf на цільовому вузлі в режимі сервера

Після активації даної команди на досліджуваному комп'ютері відкривається стандартний системний порт 5201. У цей момент вбудований брандмауер операційної системи Windows може згенерувати запит на підтвердження мережевих дозволів — користувачу необхідно надати повний доступ для приватних мережевих профілів. Для примусової зупинки серверної частини після завершення вимірювальних маніпуляцій використовується комбінація клавіш Ctrl + C, яка перериває активний процес у консолі.

Запуск у режимі клиента

Другий обчислювальний пристрій, призначений для взаємодії з сервером (наприклад, робоча станція WS_1 у технічному відділі або портативний ноутбук у коридорі), конфігурується як клієнт. Початковий алгоритм дій та процедура переходу до цільової папки повністю дублюють серверну сторону.

Оптимальним інженерним підходом до аудиту є двостороннє (перехресне) тестування для кожної виділеної пари вузлів мережі ПП «Netix-T». Спочатку

швидкість вимірюється в одному напрямку, після чого процес зупиняється через Ctrl + C, і пристрої міняються ролями. Такий метод є критично важливим для бездротового сегмента на базі точок Ubiquiti UniFi AP AC Pro, де через фізичні особливості поширення радіосигналу швидкість завантаження (Download) та відвантаження (Upload) часто демонструють асиметрію.

Для запуску утиліти в клієнтському режимі та ініціалізації генерації трафіку вводиться така команда (див. рис. 2.8): iperf3.exe -c 192.168.31.10

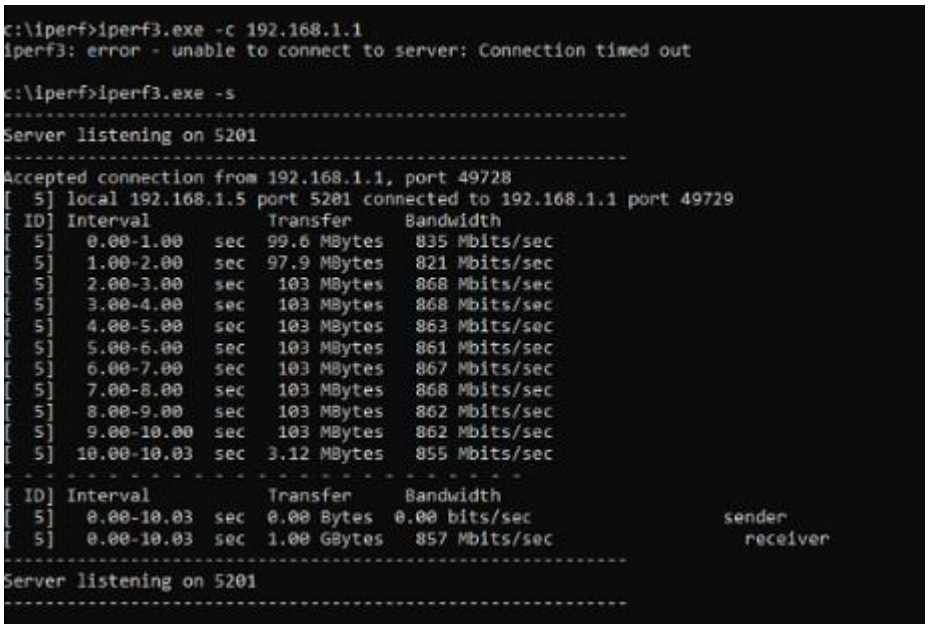


Рисунок 2.8 — Результати вимірювання пропускної здатності гігабітного каналу у режимі клієнта iPerf

У представленому інженерному прикладі фінальний звіт фіксує середню пропускну здатність на рівні ~940 Мбіт/с для дротових ліній зв'язку та близько 500–600 Мбіт/с для бездротового покриття Wi-Fi 5GHz. Дані показники є еталонними для інтегрованого гігабітного обладнання TP-Link та MikroTik, що підтверджує відсутність апаратних проблем чи лінійних дефектів.

Аналіз результатів тестування

Первинну діагностику та вимірювання швидкісних лімітів рекомендується здійснювати в межах одного віртуального простору (наприклад, між парою

сусідніх ПК у Залі 1 через периферійний комутатор SW_6). Такий підхід дозволяє зафіксувати чисту швидкість передачі даних на рівні комутації L2. Подальше тестування між різними залами (наприклад, із Залу 2 у Зал 3) залучає магістральні кабельні траси, комутатор ядра SW_1 та головний маршрутизатор MikroTik hEX для між-VLAN маршрутизації, що дозволяє оцінити рівень навантаження на процесорний блок роутера.

При інтерпретації фінальних результатів вимірювань у локальній мережі ПП «Netix-T» слід враховувати комплекс деструктивних факторів, здатних викликати деградацію швидкості. До них належать гранична протяжність ліній витої пари (наближення до ліміту в 90–100 метрів від комутатора до робочого місця), наявність капітальних залізобетонних перегородок чи армованих стін на шляху радіохвиль від точок доступу AP_1 та AP_2 до внутрішніх зон залів, а також сторонні радіоперешкоди від сусідніх бездротових мереж у зашумленому діапазоні 2.4 GHz (саме тому для пріоритетних пристроїв обрано роботу на частоті 5 GHz). Окрім цього, на швидкість впливають технологічні порушення під час монтажу, такі як перевищення зусилля натягу або надмірне розплетення жил кабелю UTP cat 5e при закладенні в патч-панелі чи конектори RJ-45.

Урахування та послідовний аналіз усіх вищеперерахованих чинників дозволяють об'єктивно оцінити дані утиліти iPerf, підтвердити коректність конфігурування віртуальних мереж VLAN і чітко пересвідчитись, що змонтована мережа ПП «Netix-T» повністю готова до промислової експлуатації під цільовим навантаженням.

3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Налаштування шлюза MikroTik

Підготовка до налаштування маршрутизатора

1. Процес конфігурування мережевого обладнання компанії розпочинається із розгортання WinBox. Даний програмний комплекс розроблений спеціально для безпечного адміністрування пристроїв під управлінням RouterOS і є значно надійнішим інструментом, ніж керування через стандартний веб-браузер. Актуальний реліз утиліти завантажується безпосередньо з офіційного веб-ресурсу розробника за посиланням https://mikrotik.com/download.

2. Далі організовується електроживлення апаратного шлюзу MikroTik hEX (RB750Gr3). Лінійний кабель, що забезпечує зв'язок із зовнішньою мережею Інтернет-провайдера, інтегрується в перший гігабітний порт (ether1). У той же час робоча станція системного адміністратора підключається за допомогою патч-корду до фізичного інтерфейсу ether2.

3. Наступним кроком є безпосередня активація WinBox. У робочій зоні утиліти виконується перехід до підпункту Neighbors, де програма автоматично ідентифікує підключений роутер за його фізичною MAC-адресою. Первинна авторизація в системі здійснюється під стандартним логіном admin із незаповненим полем пароля, після чого натискається кнопка Connect.

4. Оскільки топологія обчислювальної мережі приватного підприємства «Netix-T» будується повністю з нуля під унікальні проектні вимоги, базові фабричні налаштування підлягають повному видаленню. Дана процедура реалізується через системну директорію System > Reset Configuration з обов'язковим вибором опції No Default Configuration. Після завершення перезавантаження пристрою виконується повторний вхід за допомогою WinBox за виявленою MAC-адресою.

Налаштування мережевих інтерфейсів та ієрархії Bridge VLAN

Для активації інтегрованих інструментів апаратного прискорення (HW-offloading) та забезпечення максимальної гігабітної швидкості транзиту інформаційних пакетів між різними віртуальними підмережами, конфігурування VLAN реалізується на основі сучасного механізму Bridge VLAN Filtering.

1. У робочому вікні Interfaces перший фізичний порт ether1 перейменовується на WAN, оскільки він задіяний під зовнішню лінію провайдера. Наступний порт ether2 отримує назву ether2-Trunk. Цей інтерфейс визначений як головна магістральна лінія зв'язку, що з'єднує роутер із першим портом центрального комутатора ядра SW_1 у серверній кімнаті та забезпечує трансляцію всіх створених віртуальних мереж.

2. Через діалогове вікно розділу Bridge шляхом натискання кнопки (+) створюється єдиний програмний міст із назвою bridge_local. Після цього на вкладці Ports здійснюється додавання магістрального інтерфейсу ether2-Trunk до складу створеного об'єднання bridge_local.

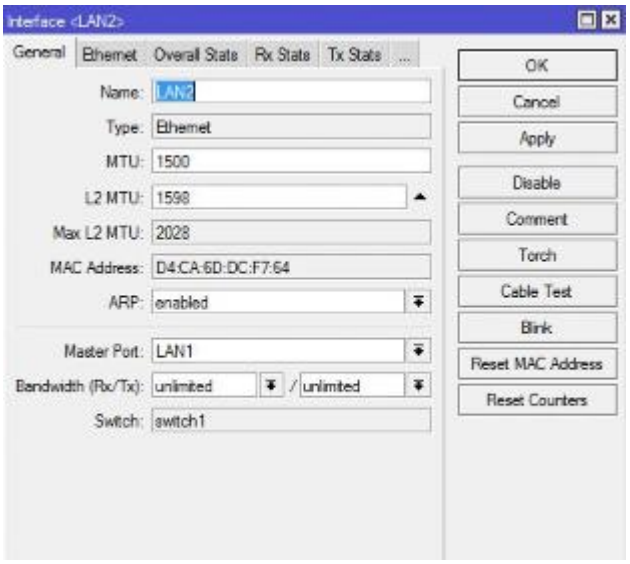


Рисунок 3.1 — Додавання магістрального інтерфейсу ether2-Trunk до віртуального мосту bridge_local

Інженерне обґрунтування цих дій полягає в тому, що в актуальних релізах операційної системи RouterOS застарілу концепцію розподілу портів за схемою

«Master/Slave» повністю скасовано. Замість неї розробники впровадили уніфікований програмно-апаратний міст (Bridge) із вбудованими інструментами фільтрації віртуального трафіку.

При додаванні фізичних гігабітних портів до цього мосту операційна система автоматично задіює ресурси інтегрованого switch-чіпа MediaTek MT7621A. Це дозволяє повністю звільнити центральний процесор (CPU) маршрутизатора від обробки внутрішнього гігабітного трафіку залів і здійснювати передачу пакетів на комутаційному апаратному рівні. Спроба створення окремих ізольованих мостів під кожен VLAN (як це практикувалося у застарілих конфігураціях) перенесла б усе обчислювальне навантаження на процесор, викликаючи падіння пропускної здатності та перевантаження шлюзу підприємства.

Внаслідок виконаних маніпуляцій формується підсумковий перелік активних інтерфейсів у межах створеного мосту, що наочно представлено на відповідній ілюстрації.

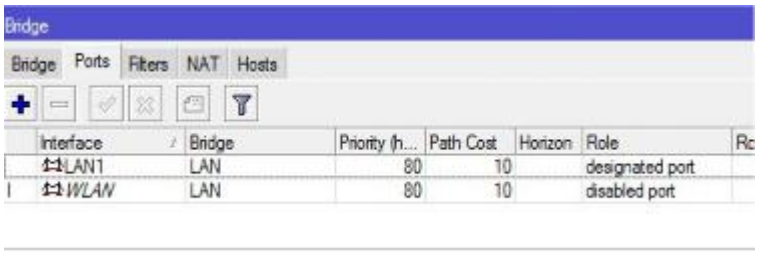


Рисунок 3.2 — Підсумковий перелік інтерфейсів у вікні Bridge Ports

Створення логічних VLAN-інтерфейсів та адресація

Керуючись затвердженим адресним планом проекту, здійснюється генерація логічних інтерфейсів для кожного відокремленого структурного сегмента підприємства. У меню Interfaces > VLAN шляхом активації інструмента (+) додаються нові інтерфейси, де базовою транспортною платформою (Interface) для всіх елементів визначається єдиний міст bridge_local.

У процесі налаштування створюються такі логічні вузли: vlan10_mgmt з ідентифікатором VLAN ID 10 для мережі технічного управління обладнанням,

vlan30_srv з ідентифікатором VLAN ID 30 для обслуговування виділеного сервера S_1, vlan31_rooms з ідентифікатором VLAN ID 31 для об'єднання Технічного відділу, Залу 2 та Залу 4, vlan32_rooms з ідентифікатором VLAN ID 32 для мережевого простору Залу 1 та Залу 3, а також vlan33_wifi з ідентифікатором VLAN ID 33 для бездротового сегмента офісу на базі точок AP_1 і AP_2.

Процедура закріплення IP-адрес за відповідними локальними шлюзами реалізується у робочому вікні IP > Addresses шляхом додавання адресних параметрів до сформованих віртуальних VLAN-інтерфейсів за допомогою такого набору команд:

```
/ip address
add address=192.168.10.1/24 interface=vlan10_mgmt comment="Management Gateway"
add address=192.168.30.254/24 interface=vlan30_srv comment="Server VLAN Gateway"
add address=192.168.31.254/24 interface=vlan31_rooms comment="VLAN 31 Gateway"
add address=192.168.32.254/24 interface=vlan32_rooms comment="VLAN 32 Gateway"
add address=192.168.33.254/24 interface=vlan33_wifi comment="Wi-Fi VLAN Gateway"
```

Рисунок 3.3 — Прив'язка IP-адреси локального шлюзу до віртуального інтерфейсу VLAN

Для зовнішнього інтерфейсу WAN конфігурується статична публічна IP-адреса, надана інтернет-провайдером для ПП «Netix-T» (наприклад, 198.51.100.2/24), із прив'язкою до відповідного офіційного фізичного порту. Після успішного завершення зазначених дій зведений перелік адресних параметрів пристрою набуває остаточного вигляду.

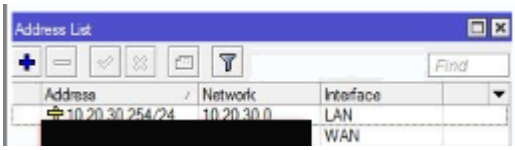


Рисунок 3.4 — Зведений перелік конфігурованих IP-адрес у вікні Address List

Налаштування маршрутизації, DNS та механізму NAT

- Конфігурування DNS-серверів: У робочому меню IP > DNS вказуються параметри серверів розв'язання доменних імен (зокрема, публічні адреси 8.8.8.8 та 1.1.1.1), а також в обов'язковому порядку активується функція Allow Remote Requests, що дозволяє маршрутизатору функціонувати у режимі DNS-проксі для всієї локальної мережі компанії.

Рисунок 3.5 — Налаштування DNS-серверів та активація віддалених запитів

- Визначення основного шлюзу: У діалоговому вікні IP > Routes формується дефолтний статичний маршрут, необхідний для забезпечення виходу внутрішнього трафіку в інтернет-простір. При цьому параметр Dst.

Address залишається у значенні 0.0.0.0/0, а в полі Gateway прописується IP-адреса шлюзу інтернет-провайдера (наприклад, 198.51.100.1).

Рисунок 3.6 — Створення статичного маршруту за замовчуванням (Default Route)

- Трансляція мережевих адрес (NAT): Для організації безперешкодного доступу робочих станцій усіх кабінетів та залів підприємства до зовнішнього інформаційного простору, у меню IP > Firewall на вкладці NAT створюємо правило вихідної трансляції (srcnat) з активацією механізму маскування (masquerade) для зовнішнього порту WAN:

/ip firewall nat

add chain=srcnat out-interface=WAN action=masquerade comment="Internet Access for LAN"

Активація тегування трафіку на Bridge

Для завершення логічного конфігурування віртуальних мереж, у підпункті меню Bridge > VLANs чітко регламентуються правила тегування ідентифікаторів на магістральному інтерфейсі. При цьому сам програмний міст bridge_local визначається як tagged для забезпечення доступу центрального процесора роутера до менеджменту та маршрутизації зазначених підмереж:

/bridge vlan

add bridge=bridge_local tagged=bridge_local,ether2-Trunk vlan-ids=10

add bridge=bridge_local tagged=bridge_local,ether2-Trunk vlan-ids=30

add bridge=bridge_local tagged=bridge_local,ether2-Trunk vlan-ids=31

add bridge=bridge_local tagged=bridge_local,ether2-Trunk vlan-ids=32

add bridge=bridge_local tagged=bridge_local,ether2-Trunk vlan-ids=33

Після виконання даних команд у загальних властивостях мосту bridge_local активується опція VLAN Filtering. З цього моменту інтегрований апаратний Switch Chip починає здійснювати фільтрацію, тегувати та пропуск пакетів трафіку на повній гігабітній швидкості відповідно до спроектованої схеми.

Фінальні налаштування безпеки та Брандмауера (Firewall)

З метою оптимізації параметрів безпеки у розділі System > Clock встановлюється актуальний часовий пояс Europe/Kyiv. Через меню System > Password задається складний пароль адміністратора підприємства. У підрозділі IP > Services проводиться деактивація всіх потенційно вразливих або незахищених служб дистанційного доступу, включаючи api, ftp, telnet, www та ssh, що дозволяє залишити виключно шифровану взаємодію через виділений порт утиліти WinBox.

Для захисту самого мережевого шлюзу від зовнішніх векторів кібератак та реалізації політик обмеження між-VLAN доступу (зокрема, ізоляції бездротових клієнтів від серверного сегмента) впроваджується такий комплекс правил фільтрації трафіку в меню IP > Firewall > Filter:

/ip firewall filter

Захист самого роутера (chain=input)

add action=accept chain=input connection-state=established,related comment="Accept Established/Related"

add action=accept chain=input protocol=icmp comment="Allow ICMP ping"

add action=accept chain=input in-interface=vlan10_mgmt comment="Allow WinBox only from MGMT VLAN"

add action=drop chain=input comment="Drop all other input traffic"

Захист внутрішнього контуру мережі (chain=forward)

add action=accept chain=forward connection-state=established,related comment="Accept Established/Related forwarding"

add action=accept chain=forward in-interface=vlan31_rooms out-interface=vlan30_srv comment="Allow Tech/Zal2/Zal4 to Server"

add action=accept chain=forward in-interface=vlan32_rooms out-interface=vlan30_srv comment="Allow Zal1/Zal3 to Server"

add action=accept chain=forward out-interface=WAN comment="Allow all local segments to Internet"

add action=drop chain=forward comment="Drop all other transit traffic"

Реалізована програмно-апаратна конфігурація забезпечує комплексний захист периметра компанії ПП «Netix-T», повністю ізолює адміністративну підмережу управління та гарантує максимальну пропускну здатність ЛОМ завдяки перенесенню процесів обробки віртуальних мереж на рівень вбудованого комутаційного чіпа.

3.2 Налаштування комутаційного обладнання мережі

Центральний комутаційний пристрій SW_1, змонтований у захищеному приміщенні серверної кімнати, виконує роль головного вузла агрегації. Він консолідує трафік від маршрутизатора R_1, виділеного сервера S_1 та магістральних ліній зв'язку, що йдуть від периферійних комутаторів робочих груп. Програмне конфігурування апарату реалізується через інтегрований веб-інтерфейс. Фабрична IP-адреса пристрою за замовчуванням (192.168.0.1) після первинної авторизації обов'язково змінюється на адміністративну координату 192.168.10.2, яка функціонує в межах виділеного керуючого сегмента VLAN 10.

Процедура покрокового конфігурування комутатора ядра складається з таких технологічних етапів:

1. Активація віртуальних локальних мереж (стандарт 802.1Q VLAN) — у системній директорії L2 FEATURES > VLAN > 802.1Q VLAN ініціюється режим тегування інформаційних потоків. Тут послідовно створюються службові записи для віртуальних мереж підприємства. Зокрема, реєструється підмережа управління Management з індексом VLAN ID 10, мережевий простір сервера S_1 з кодом VLAN ID 30, робоча підмережа Технічного відділу, Залу 2 та Залу 4 з маркером VLAN ID 31, внутрішній сегмент Залу 1 та Залу 3 з ідентифікатором VLAN ID 32, а також бездротове Wi-Fi покриття з кодом VLAN ID 33.

2. Конфігурування режимів роботи інтерфейсів комутатора ядра — спираючись на проектні дані таблиці конфігурування віртуальних мереж, для кожного фізичного інтерфейсу жорстко встановлюється відповідна системна роль.

Для коректної дистрибуції трафіку порти комутатора ядра SW_1 розподіляються за такою інженерною логікою:

Физичний порт 1, задіяний для з'єднання з головним маршрутизатором R_1, переводиться в режим Trunk. У налаштуваннях віртуальних підмереж з ідентифікаторами 10, 30, 31, 32, 33 даний інтерфейс визначається як Tagged (Тегований), що дозволяє безперешкодно транслювати марковані пакети на центральний шлюз.

Група фізичних портів від 2 до 6, які обслуговують магістральні кабельні траси до комутаторів доступу залів SW_2 > SW_6, аналогічно конфігуруються як Trunk-порти. Вони реєструються як Tagged у відповідних цільових робочих віртуальних мережах, а також в обов'язковому порядку додаються до керуючого сегмента VLAN 10. Це створює технічні умови для віддаленого адміністрування та моніторингу периферійних пристроїв безпосередньо з серверної кімнати.

У свою чергу, порт 24, виділений для підключення серверного комп'ютера S_1, переводиться в режим Access. У його конфігурації виставляється параметр Untagged (Нетегований) всередині ізольованої серверної мережі VLAN ID 30, а показник PVID (Port VLAN ID) жорстко фіксується у значенні 30.

Налаштування периферійних комутаторів доступу TP-Link TL-SG116E

Усі п'ять комутаційних пристроїв робочих груп (SW_2 > SW_6), розгорнуті в робочих кабінетах підприємства, функціонують на базі спрощеної технології Easy Smart. Для забезпечення надійної логічної ізоляції робочих місць конфігурація кожного апарату адаптується під специфіку конкретної зони його просторового розміщення.

Як практичний приклад розглянемо процес конфігурування комутатора доступу SW_4, що обслуговує персонал Залу 2. За допомогою спеціалізованої утиліти налаштування пристрою присвоюється унікальна статична IP-адреса

управління 192.168.10.5/24, де як основний шлюз прописуються координати роутера 192.168.10.1. На вкладці меню VLAN > 802.1Q VLAN ініціюються три віртуальні мережі, до яких належать VLAN 10 (сегмент управління), VLAN 31 (інфраструктура робочих станцій та принтера) та VLAN 33 (обслуговування бездротової точки доступу).

Розподіл наявної портової бази комутатора SW_4 виконується за такою логічною схемою: порт 1 (вхідний магістральний канал від ядра SW_1) конфігурується як Tagged для VLAN 10, 31, 33; порти від 2 до 11 (робочі місця користувачів WS_9 > WS_18) разом із портом 12 (мережевий друкарський пристрій PR_2) переводяться в режим Untagged для робочої мережі VLAN 31 із присвоєнням параметру PVID значення 31; порт 13 (бездротовий модуль AP_1) конфігурується як Tagged для VLAN 33, оскільки точка доступу здійснює паралельну трансляцію як корпоративного, так і гостьового радіотрафіку.

За повністю ідентичним інженерним алгоритмом здійснюється конфігурування інших комутаційних вузлів рівня доступу:

- На периферійному комутаторі SW_2 (Технічний відділ) фізичні порти з 2 по 4 інтегруються в режим Untagged VLAN 31 із фіксацією параметра PVID 31.
- На пристрої SW_3 (Зал 4) робочі порти з 2 по 6, а також виділений порт 7 для мережевого принтера PR_1 переводяться в категорію Untagged VLAN 31 з ідентичним PVID 31.
- На комутаційному апараті SW_5 (Зал 3) клієнтські порти від 2 до 7 інтегруються в Untagged сегмент VLAN 32 з параметром PVID 32, тоді як інтерфейс під номером 8, що живить бездротову точку AP_2, переводиться в режим Tagged VLAN 33.
- На комутаторі SW_6 (Зал 1) вся клієнтська портова база від 2 до 12, яка обслуговує стаціонарні робочі станції WS_25 > WS_35, переводиться в режим Untagged всередині віртуальної підмережі VLAN 32 з обов'язковим виставленням PVID 32.

Завдяки реалізації описаної ієрархічної конфігурації, будь-які деструктивні мережеві явища, такі як широкомовні шторми (broadcast storm) або потенційні кібератаки в межах конкретного кабінету, повністю локалізуються у межах своєї віртуальної підмережі та не здатні порушити стабільність функціонування інших підрозділів приватного підприємства «Netix-T».

3.3 Налаштування бездротових точок доступу Ubiquiti UniFi AP AC Pro

Телекомунікаційні точки доступу професійної серії Ubiquiti UniFi AP мають високий рівень затребуваності як у корпоративному сегменті, так і під час розгортання масштабних приватних мережевих структур. Їх масово інтегрують у бізнес-середовище для формування стабільних корпоративних та ізольованих гостьових радіозон у межах сучасних офісних центрів, відкритих робочих просторів (open space) та прохідних секторів підприємств. Висока популярність даного обладнання пояснюється інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом керування, ергономічним стельовим форм-фактором, інтеграцією технології дистанційного живлення PoE, а також здатністю підтримувати високу щільність покриття при одночасному підключенні великої кількості мобільних девайсів.

Базовим інструментом для оперування компонентами екосистеми Ubiquiti є безкоштовний програмний комплекс UniFi Network Controller, призначений для централізованого менеджменту розгалужених топологій. Проте для локальних інженерних завдань у межах ЛОМ ПП «Netix-T», де передбачено функціонування лише двох бездротових пристроїв AP_1 та AP_2, виробником закладено спрощений варіант конфігурування — автономний режим Standalone. Він дозволяє оперативно ввести техніку в експлуатацію без обов'язкового розгортання виділеного сервера керування, застосовуючи офіційний додаток UniFi Network для смартфонів або базовий веб-інтерфейс.

Інструкція з автономного налаштування точок доступу Ubiquiti

Для первинного конфігурування обладнання в автономному режимі Standalone за допомогою мобільного гаджета необхідно попередньо завантажити офіційний програмний клієнт із магазину цифрової дистрибуції Google Play (див.рис. 3.7)

Рисунок 3.7 — Вікно завантаження мобільного застосунку UniFi Network у магазині додатків Google Play

Стартовий етап передбачає розміщення та монтаж радіомодулів AP_1 і AP_2 на стельових плитах у коридорних приміщеннях згідно з проектними схемами. Комутація здійснюється з конкретними комутаторами доступу: пристрій AP_1 підключається до 13-го порту комутаційного апарату SW_4 (Зал 2), тоді як модуль AP_2 інтегрується у 8-й порт пристрою SW_5 (Зал 3). Забезпечення пристроїв електроживленням реалізується через індивідуальні блоки PoE-інжекторів або безпосередньо від активного комутаційного обладнання з підтримкою даної технології.

Коли напругу успішно подано, центральний роутер R_1 (MikroTik hEX) за допомогою активованої служби DHCP автоматично присвоює бездротовим пристроям динамічні мережеві координати всередині службового сегмента управління VLAN 33.

Без коректного розподілу IP-адрес у локальній мережі обладнання UniFi не зможе пройти цикл первинної ініціалізації.

Далі технічний спеціаліст запускає додаток UniFi Network на смартфоні, який заздалегідь підключають до дефолтної бездротової мережі, що автоматично транслюється точкою до першого налаштування. Після цього очікують появи виявленої апаратури у робочій вкладці Devices (див.рис. 3.8)

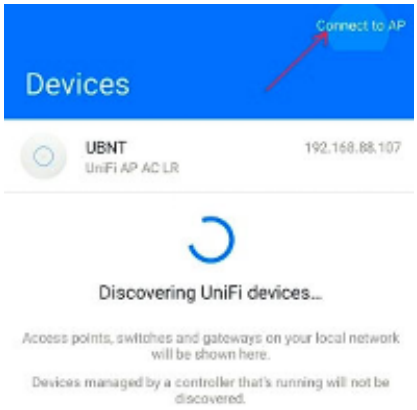


Рисунок 3.8 — Пошук та виявлення пристрою в додатку UniFi Network

Інший варіант швидкого сполучення та авторизації у системі полягає в активації інтегрованої функції "Connect to AP". Вона запускає камеру мобільного гаджета для сканування фабричного QR-коду, розташованого на технічній наклейці із зворотного боку корпусу UniFi AP AC Pro (див.рис. 3.9)

Рисунок 3.9 — Читання QR-коду для авторизації в додатку UniFi Network

Після успішного розпізнавання пристрою та здійснення першого входу в систему, де стандартні адміністративні паролі обов'язково змінюються на складну унікальну комбінацію, користувач отримує доступ до панелі конфігурування радіоефіру. У робочих профілях обладнання задаються такі ключові параметри, як унікальне системне ім'я Hostname (наприклад, AP_1_Center та AP_2_Entrance), а також політика безпеки та метод криптографічного захисту інформаційних потоків (див.рис. 3.10)

Рисунок 3.10 — Вказання стандарту шифрування в програмі UniFi Network

Керуючись вихідними вимогами технічного завдання, кожен бездротовий пристрій програмується на паралельне мовлення двох відокремлених радіомереж:

1. Netix-T_Staff — службовий закритий сегмент для штатного персоналу компанії, інтегрований із провідними робочими мережами VLAN 31 та VLAN 32. Це гарантує авторизованим користувачам швидкісний доступ до

корпоративних сховищ, мережевих принтерів PR_1, PR_2 та виділеного сервера S_1.

2. Netix-T_Guest — ізольований бездротовий простір, створений виключно для клієнтів, відвідувачів або партнерів компанії. Ця мережа функціонує в межах VLAN 33 та підпорядковується правилам клієнтської ізоляції (Client Isolation), що повністю блокує будь-яку взаємодію з локальними ресурсами підприємства (див.рис. 3.11)

Рисунок 3.11 — Вказання назви мережі (SSID) Wi-Fi в UniFi Network

Слід акцентувати увагу на тому, що автономний формат Standalone має урізаний функціонал і не дозволяє використовувати весь спектр діагностичних чи аналітичних інструментів, доступних у повноцінному програмному контролері. Цей варіант розрахований лише на базове конфігурування бездротових параметрів UniFi. Інші типи інфраструктурних рішень від бренду Ubiquiti, зокрема керовані комутатори, взагалі не підтримують автономне адміністрування через мобільне програмне забезпечення.

Оновлення прошивки та оптимізація бездротового покриття

У головному вікні керування автономним вузлом системний адміністратор може провести перевірку наявності нових версій мікропрограми. Якщо на серверах виробника є свіжі релізи ПЗ, додаток дозволяє виконати безпечне скачування та дистанційне оновлення прошивки обладнання по бездротовому каналу, зображено на рисунку 3.12

Рисунок 3.12 — Перевірка та оновлення прошивки пристрою в UniFi Network

Щоб підвищити ефективність безшовної взаємодії мобільних клієнтів (роумінгу) на території офісу ПП «Netix-T» та мінімізувати виникнення взаємних радіоперешкод, для передавачів діапазону 2.4 GHz вручну задаються різні неперекривні частотні канали (наприклад, канал 1 для точки AP_1 та канал 11 для AP_2). Рівень вихідної потужності Tx Power фіксується на середніх або мінімальних значеннях. Таке рішення оптимізує зони радіопокриття і змушує смартфони чи ноутбуки користувачів коректно та без затримок перепідключатися до найближчого стельового модуля під час переміщення між кабінетами та залами.

Обраний автономний метод конфігурування без залучення окремого сервера керування повністю задовольняє поточні інженерні потреби та масштаби даного проекту. Проте міграція бездротового сегмента під безпосередній контроль програмного або апаратного комплексу UniFi Network Controller стане обов'язковою у разі виникнення таких умов:

- Суттєве розширення робочих площ, збільшення штату та нарощування кількості радіомодулів, коли індивідуальне ручне налаштування кожної одиниці обладнання стає неефективним.
- Необхідність інтеграції складних закритих або відкритих гостьових зон (HotSpot) із авторизацією користувачів через СМС, соціальні мережі чи рекламні сторінки.
- Потреба в організації безпечного дистанційного моніторингу та адміністрування всієї мережі через глобальні хмарні сервіси з-за меж офісу.
- Необхідність ведення безперервного технічного аудиту, логування подій та збору детальної аналітики щодо поведінки користувацького трафіку.

Якщо такі завдання будуть поставлені під час майбутнього розвитку інфраструктури, доцільним кроком стане інсталяція UniFi Controller на виділеному локальному сервері, у хмарі або придбання компактного апаратного контролера UniFi Cloud Key.

3.4 Інструкція з використання тестових наборів та тестових програм

Для здійснення первинного інженерного аналізу, верифікації каналів зв'язку та оцінки поточного експлуатаційного стану елементів локальної обчислювальної мережі ПП «Netix-T» після завершення монтажних та пусконалагоджувальних робіт застосовується утиліта Ping.

Даний програмний засіб є базовим діагностичним інструментом командного рядка, що функціонує на основі протоколу міжмережевих керованих повідомлень (ICMP) та реалізує перевірку доступності віддалених мережевих об'єктів на мережевому рівні IP.

Ключове завдання утиліти в межах проектованої інфраструктури полягає у підтвердженні наявності логічного з'єднання між робочими станціями різних офісних залів, центральним сервером та комутаційним обладнанням. Алгоритм функціонування програми базується на трансляції серії коротких ехо-запитів (ICMP Echo Request) на цільову IP-адресу з подальшою фіксацією часу очікування ехо-відповідей (ICMP Echo Reply) від досліджуваного хоста. Утиліта є незамінною для оперативного виявлення лінійних несправностей, перевірки доступності інтерфейсів локальних шлюзів у різних віртуальних мережах (VLAN), а також для контролю коректності функціонування служби резолву доменних імен (DNS).

Синтаксис та параметри команди ping в ОС Windows

У консольному середовищі командного рядка (cmd.exe) операційної системи Windows, під управлінням якої функціонує комп'ютерний парк приватного підприємства «Netix-T», базовий синтаксис утиліти має такий вигляд:

ping [-t] [-a] [-n count] [-l size] [-f] [-i TTL] [-v TOS] [-w timeout] [-4] [-6] target_name

Для виведення розгорнутої системної довідки щодо призначення та правил застосування окремих атрибутів і ключів утиліти в консолі прописується команда: ping /?

Сценарії практичного застосування утиліти у діагностиці мережі

Для оптимізації процесів обслуговування IT-інфраструктури підприємства технічний персонал задіює такі базові режими тестування:

- Базова верифікація доступності шлюзів та серверного вузла — для контролю логічного зв'язку між клієнтським ПК у залі та основним шлюзом або сервером у консолі вказується цільова IP-адреса. Наприклад, для перевірки з'єднання з виділеним сервером S_1 з будь-якого комп'ютера компанії виконується команда: ping 192.168.30.10. За дефолтними налаштуваннями ОС Windows надсилає лише 4 тестові пакети, після чого відображає підсумкові статистичні дані (кількість надісланих, прийнятих та втрачених інформаційних одиниць, а також мінімальний, максимальний і середній час кругового затримання в мілісекундах).

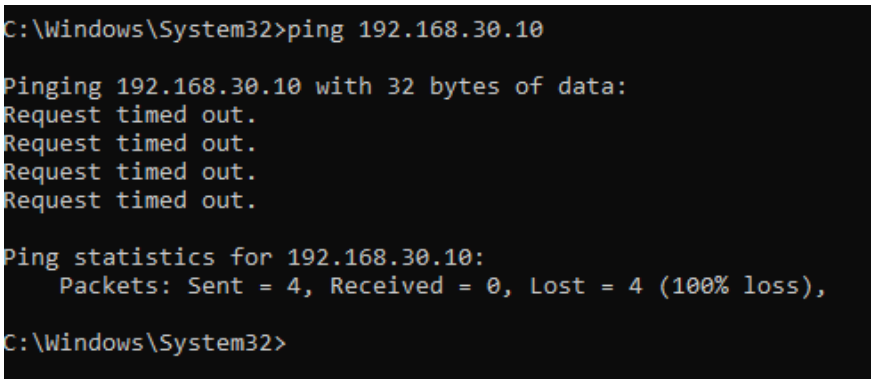


Рисунок 3.13 — Результат базової перевірки доступності виділеного сервера S_1 за допомогою команди ping

- Моніторинг стабільності комунікаційного каналу в часі — у разі необхідності тривалого тестування міжкомутаторних магістралей або бездротового Wi-Fi покриття від точок AP_1 або AP_2 під навантаженням, обмеження на кількість пакетів знімається за допомогою ключа -t. Наприклад, для тривалого пінг-тестування інтерфейсу MikroTik вводиться команда: ping 192.168.10.1 -t. Процес відправки пакетів у такому режимі є безперервним, а для його примусової зупинки та виведення фінального звіту про втрати адміністратор використовує комбінацію клавіш Ctrl + C.

- Конфігурування фіксованої кількості запитів — якщо для діагностики між-VLAN взаємодії (наприклад, між Технічним відділом у VLAN 31 та Залом 1 у VLAN 32) стандартних 4 пакетів замало, проте безперервний моніторинг не є доцільним, за допомогою атрибута -n задається точна кількість циклів. Для надсилання 10 ехо-запитів до робочої станції WS_25 прописується команда: ping -n 10 192.168.32.1.

- Тестування ліміту MTU та аналіз фрагментації — стандартний об'єм ICMP-кадру в Windows дорівнює 32 байтам. Щоб перевірити реальну пропускну здатність та валідувати налаштування MTU на інтерфейсах комутатора ядра SW_1, адміністратор збільшує об'єм пакета (наприклад, до 1400 байт) за допомогою атрибута -l: ping -l 1400 192.168.30.10. Для виявлення прихованої

фрагментації, яка здатна гальмувати передачу файлових масивів на сервер, команду доповнюють ключем заборони поділу -f: ping -l 1492 -f 192.168.30.10. Якщо пакет не здатний пройти лінію без розбиття, система згенерує помилку.

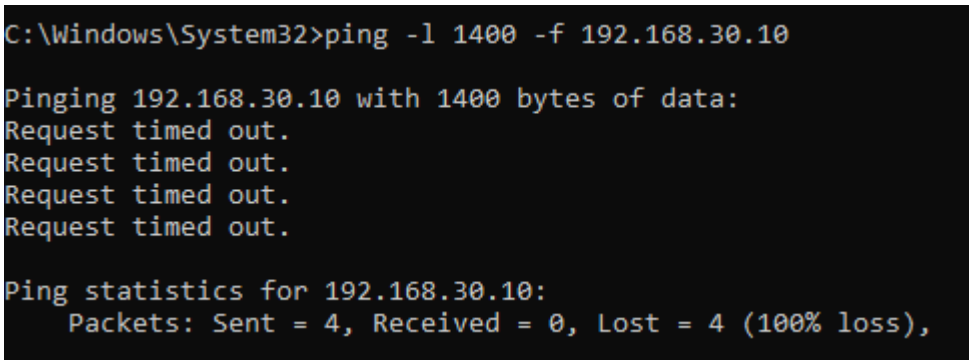


Рисунок 3.14 — Тестування каналу зв'язку пакетами збільшеного розміру із забороною фрагментації

- Ідентифікація мережевого імені вузла за IP-координатами — у разі виявлення аномальної активності в логах безпеки брандмауера роутера MikroTik з боку певної внутрішньої адреси (наприклад, 192.168.31.5), ключ -a дозволяє провести зворотне доменне розв'язання для визначення імені комп'ютера: ping -a 192.168.31.5. Утиліта відобразить NETBIOS-ім'я пристрою (наприклад, WS_4.netix.local), що дозволить миттєво локалізувати фізичне розташування хоста (у даному випадку — Зал 4) для усунення інциденту.

Комплексне та послідовне застосування команд ping та розглянутого раніше програмного пакету iPerf надає технічним фахівцям підприємства можливість здійснювати повний операційний моніторинг ЛОМ, оперативно локалізувати обриви мідних провідників UTP cat 5e, нівелювати помилки конфігурування віртуальних мереж VLAN та підтримувати високі стандарти якості зв'язку.

4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Метою економічної частини кваліфікаційної роботи є здійснення детальних техніко-економічних розрахунків, спрямованих на визначення фінансової доцільності та загальної економічної ефективності впровадження модернізованої локальної обчислювальної мережі для ПП «Netix-T».

На основі отриманих результатів буде сформовано обґрунтоване рішення щодо доцільності практичної інтеграції розробленого проекту в реальні бізнес-процеси підприємства.

4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР

Для об'єктивної оцінки обсягу науково-дослідної роботи (НДР) з проектування та модернізації локальної обчислювальної мережі ПП «Netix-T», першочергово необхідно визначити чітку структуру та послідовність етапів технологічного процесу розробки [27, 33]. Така деталізація дозволяє коректно визначити сумарну трудомісткість проекту та уникнути дублювання витрат часу при подальших розрахунках.

Весь комплекс робіт поділяється на логічні стадії, що охоплюють підготовчий період (аналіз технічного завдання та обстеження існуючої інфраструктури), безпосередньо етап інженерно-технічного проектування (розробка топології мережі та вибір обладнання), програмне конфігурування мережевого обладнання (налаштування комутаторів, VLAN та політик безпеки), а також фінальне тестування і оформлення документації.

Для визначення загальної тривалості проведення НДР дані витрат часу по окремих операціях технологічного процесу зводяться у таблицю 4.1 [27].

Таблиця 4.1 — Перелік стадій технологічного процесу та витрати часу на виконання НДР

№ з/п	Найменування стадій та етапів технологічного процесу	Виконавці (посада)	Тривалість етапу, робочих днів
А	1	2	3
1	Отримання та аналіз технічного завдання (ТЗ) на модернізацію ЛОМ ПП «Netix-T»	Інженер-проектувальник	2
2	Обстеження об'єкта автоматизації (залів, серверної) та збір вихідних даних	Інженер-проектувальник	3
3	Пошук, огляд та аналіз науково-технічних джерел і аналогів побудови ЛОМ	Інженер-проектувальник	4
4	Обґрунтування структурної схеми мережі та вибір архітектури (VLAN, маршрутизація)	Інженер-проектувальник	4
5	Розрахунок пропускної здатності та вибір активного обладнання (MikroTik, TP-Link)	Інженер-проектувальник	5
6	Розробка схеми адресації мережі та розподілу віртуальних мереж (VLAN ID)	Інженер-проектувальник	3

Продовження таблиці 4.1

А	1	2	3
7	Програмне конфігурування шлюзу (RouterOS) та комутаторів ядра і доступу	Інженер-проектувальник	6
8	Налаштування бездротового сегмента мережі (точок доступу TP-Link Omada EAP)	Інженер-проектувальник	3
9	Проведення тестових випробувань, верифікація зв'язку утилітами Ping та iPerf	Інженер-проектувальник	3
10	Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу кваліфікаційної роботи	Інженер-проектувальник	7
Всього	Загальна тривалість виконання науково-дослідної роботи	-	40

Загальна тривалість проведення науково-дослідної роботи (Тзаг), робочих днів) розраховується як сума витрат часу на виконання кожної окремої технологічної операції за формулою (4.1):

$$T_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^{n} t_i \qquad (4.1)$$

На основі розрахованих даних таблиці 4.1, загальний час розробки та впровадження проекту модернізації мережі складає 40 робочих днів [27] (що в середньому еквівалентно 8 календарним тижням при 5-денному робочому тижні).

4.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Оплата праці – грошовий вираз вартості і ціни робочої сили [29], який виступає у формі заробітку, виплаченого власником підприємства працівникові за виконану роботу. Заробітна плата працівника залежить від кінцевих результатів роботи підприємства [29], регулюється податками і максимальними розмірами не обмежується.Структурно фонд заробітної плати поділяється на дві ключові складові:

- Основна заробітна плата — нараховується за виконану роботу на основі затверджених годинних тарифних ставок або посадових окладів.
- Додаткова заробітна плата — включає доплати, надбавки та інші компенсаційні виплати [29,30] понад основну ставку, що залежать від кваліфікації працівників та умов праці.

Основна заробітна плата розраховується за формулою 4.2:

$$З_{осн} = Т_с \cdot К_г \quad (4.2)$$

де Тс – Тарифна ставка, грн;

Кг – кількість відпрацьованих годин.

Отже, основна заробітна плата дня:

- Керівника проекту: Зосн1 = 150 · 15 = 2250,00 грн.
- Інженера: Зосн2 = 125 · 20 = 2500,00 грн.
- Техніка: Зосн3 = 135 · 25 = 3375,00 грн.

Сумарна основна заробітна плата становить:

Зосн = 2250,00 + 2500,00 + 3375,00 = 8125,00 грн

Додаткова заробітна плата становить 10-15 % від суми основної заробітної плати, яка розраховується за формулою 4.3:

$$З_{дод} = З_{осн} \cdot К_{допл} \quad (4.3)$$

де Кдопл – коефіцієнт додаткових виплат працівнкиам: 0,1 – 0,15

Отже, додаткова заробітна плата по категоріях працівників становить:

- Керівника проекту:Здод1 = 2250,00 · 0,15 = 337,50 грн.
- Інженера:Здод2 = 2500,00 · 0,15 = 375,00 грн.
- Техніка:Здод3 = 3375,00 · 0,15 = 506,25 грн.

Загальна додаткова заробітна плата становить:

Здод = 8125,00 · 0,15 = 1218,75 грн

Звідси загальні витрати на оплату праці (Во.п) визначаються за формулою:

Во.п = Зосн + Здод

Во.п + 8125,00 + 1218,75 = 9343,75 грн.

Крім того, слід врахувати суму нарахування на заробітну плату — єдиний соціальний внесок (ЄСВ) [30] за формулою 4.4:

$$В_{с}.з = ФОП \cdot 0{,}22 \qquad (4.4)$$

де ФОП – фонд оплати праці (еквівалентний Во.п), грн.

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Зведені розрахунки витрат на оплату праці

№ з/п	Категорія працівників	Основна заробітна плата, грн. (Тариф. Ставка, грн.)	Основна заробітна плата, грн. (К-сть відпрац. год.)	Основна заробітна плата, грн. (Факт. нарах. з/п, грн.)	Додатк. зароб. плата, грн.	Нарахування на ФОП, грн.	Всього витрати на оплату праці, грн.

Продовження таблиці 4.2

А	1	2	3	4	5	6	7
1	Керівник проекту	150	15	2250,00	337,50	-	-
А	1	2	3	4	5	6	7
2	Інженер	125	20	2500,00	375,00	-	-
3	Технік	135	25	3375,00	506,25	-	-
-	Разом	-	-	8125,00	1218,75	2055,63	11399,38

Отже, загальні витрати на оплату праці з урахуванням усіх нарахувань [27] та додаткових коефіцієнтів становлять 12857,00 грн.

4.3 Розрахунок матеріальних витрат

Формування кошторису за статтею матеріальних витрат передбачає визначення сукупних фінансових вкладень [27] у придбання активних мережевих пристроїв, пасивного комутаційного устаткування, захисних конструкцій та витратних матеріалів, що безпосередньо залучаються для реалізації технічних рішень проекту.

Оцінка вартості матеріальних ресурсів кожного окремого типу здійснюється шляхом перемноження обсягу фактично використаних засобів на їхню ринкову вартість за формулою 4.5 [15]:

$$\text{МВ}_i = q_i \cdot p_i \qquad (4.5)$$

де qi – обсяг витраченого матеріального ресурсу і-го виду у відповідних одиницях виміру (шт., метри).

pi – ринкова ціна за одиницю матеріального ресурсу і-го виду, грн.

Загальний обсяг матеріальних витрат (Зм.в) визначаєтсья як сума витрат за всіма номенклатурними позиціями задіяного обладнання за формулою 4.6:

$$З_{м.в} = \sum_{i=1}^{n} МВ_i \quad (4.6)$$

де n – загальна кількість найменувань матеріальних ресурсів, використаних у процесі розгортання мережевої інфраструктури підприємства.

Узагальнені результати розрахунків вартості апаратного забезпечення та необхідних монтажних матеріалів, що повністю відповідають специфікації, обґрунтованій у підрозділі 2.2, зведено в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 — Зведені розрахунки матеріальних витрат

№ з/п	Найменування матеріальних ресурсів	Од. вим.	Факт. витрачено матеріалів	Ціна одиниці, грн.	Загальна сума витрат, грн.
1	Маршрутизатор MikroTik hEX (RB750Gr3)	шт.	1	2459,00	2459,00
2	Комутатор мережевий TP-Link TL-SG116E	шт.	5	3299,00	16495,00
3	Бездротова точка доступу Ubiquiti UniFi AP AC Pro	шт.	2	4400,00	8800,00
4	Комутаційна шафа (стійка серверна 19" 9U)	шт.	1	4500,00	4500,00
5	Кабель мережевий UTP cat 5e (4 пари)	шт.	610	12,00	7320,00
6	Мережеві конектори RJ-45 Cat 5e	шт.	100	3,80	380,00
-	Разом	-	-		39954,00

Таким чином, підсумковий обсяг фінансових витрат [15] на придбання матеріально-техничних ресурсів для побудови проектованої мережі повністю відповідає встановленим бюджетним обмеженням і становить:

Зм.в = 39954,00

4.4 Розрахунок витрат на електроенергію

До даної статті витрат включаються грошові кошти [27], витрачені на оплату спожитої електричної енергії під час безпосереднього функціонування обчислювальної техніки в процесі розробки, програмного конфігурування та локального тестування компонентів мережевої інфраструктури.

Фінансові витрати на силову електроенергію для однієї одиниці використовуваного комп'ютерного обладнання розраховуються за формулою 4.7:

$$З_е = W \cdot T \cdot S \qquad (4.7)$$

де W – технічна споживана потужність обчислювальної системи (робочої станції розробника), кВт.

T – сумарний час експлуатації комп'ютерної техніки в межах реалізації даного проекту, год.

S – діючий комерційний тариф за одну кіловат-годину (кВт·год) електричної енергії для підприємств, грн.

Відповідно до технічних умов проведення НДР та регламенту розробки, сумарний час активного використання ПЕОМ для проектування та моделювання мережі ПП «Netix-T» становить 25 годин. Середня електрична потужність, що споживається системним блоком разом із монітором під час навантаження, складає 0,5 кВт/год. Згідно з наданими вихідними даними, розрахункова вартість електроенергії для комерційного сектора [27] становить 15,94 грн за кВт·год

На основі зазначених параметрів проведено розрахунок витрат на енергоспоживання:

Зе = 0,5 · 25 · 15,94 = 199,25 грн.

Таким чином, сумарні фінансові витрати підприємства на оплату спожитої електричної енергії під час виконання всього комплексу проектно-обчислювальних робіт становлять 199,25 грн.

4.5 Визначення транспортних затрат

До статті логістичних та транспортних витрат включаються [27] фінансові видатки підприємства, пов'язані з організацією доставки придбаного активного та пасивного мережевого обладнання, кабельної продукції та супутніх монтажних матеріалів від складів постачальників безпосередньо до об'єкта модернізації (ПП «Netix-T»).

При проведенні попередніх техніко-економічних розрахунків обсяг транспортних витрат прогнозується на нормативному рівні від 8% до 10% [27] від раніше розрахованої сукупної вартості основних матеріальних ресурсів за формулою 4.8:

$$Т_в = З_м.в \cdot К_{транс} \quad (4.8)$$

Де З.мв – загальна сума витрат на придбання матеріалів та обладнання, грн;

Ктранс – нормативний коефіцієнт транспортних та логістичних нарахувань.

Для мінімізації витратної частини бюджету проекту модернізації ЛОМ, логістичні витрати приймаються за нижньою нормативною межею [27] у розмірі 8% від загальної вартості апаратного забезпечення, що зафіксована в підрозділі 4.3 та становить 39 954,00 грн.

На основі зазначених вихідних параметрів виконується розрахунок логістичної складової кошторису:

Тв = 39954,00 · 0,08 = 3196,32 грн.

Таким чином, підсумкові прогнозовані транспортні затрати, необхідні для забезпечення логістики та доставки всього комплексу обладнання на підприємство, становлять 3196,32 грн.

4.6 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Характерною особливістю тривалого використання основних засобів у процесі виробничої чи науково-дослідної діяльності є їхнє поступове фізичне та моральне зношення. Для забезпечення можливості відновлення засобів праці в натуральному виразі необхідне їхнє своєчасне та еквівалентне відшкодування у вартісній формі, яке реалізується шляхом нарахування амортизації [31].

Амортизація являє собою планомірний процес [31] перенесення первісної вартості основних засобів на вартість створеного інтелектуального продукту або наданих послуг з метою акумуляції фінансових ресурсів для їхнього подальшого повного відновлення чи модернізації.

Згідно з чинним Податковим кодексом України [28], комп'ютерна техніка, серверне обладнання та периферійна оргтехніка належать до четвертої групи основних засобів [28,31]. Мінімально допустимий термін їхньої корисної експлуатації для комерційних підприємств становить 2 роки.

Для визначення суми амортизаційних відрахувань обчислювальної техніки, що безпосередньо залучалася до проектування ЛОМ, застосовується формула (4.9), яка враховує порічний коефіцієнт зношення та фактичний час роботи пристрою:

$$А = \frac{БВ \cdot Н_А}{Т_{річ}} \cdot Т \qquad (4.9)$$

де А – сума амортизаційних відрахувань за період виконання НДР, грн;

БВ – первісна (балансова) вартість використовуваного комп'ютерного обладнання на початок звітного періоду, грн;

НА – річна норма амортизаційних відрахувань для даної групи фондів (виражена у вигляді десяткового коефіцієнта);

Тріч – нормативний річний фонд робочого часу комп'ютерної техніки при однозмінній роботі (приймається на рівні 1500–1600 годин);

Т – фактична кількість годин експлуатації обладнання в межах розробки даного проекту, год.

У межах даного техніко-економічного обґрунтування балансова вартість персонального комп'ютера інженера-проектувальника становить 33 000,00 грн. Річна норма амортизації для четвертої групи основних засобів складає 4%. Розрахунковий нормативний час роботи техніки встановлено на рівні 1500 годин на рік, а фактичний час комп'ютерного моделювання та конфігурування мережі ПП «Netix-T» зафіксовано у розмірі 25 годин.

На основі вихідних показників виконано калькуляцію суми зношення:

$A = 33000 \cdot 0{,}04/1500 \cdot 25 = 0{,}88 \cdot 25 = 275{,}00$ грн.

Таким чином, сумарна величина амортизаційних відрахувань за час експлуатації обчислювальної техніки в процесі виконання науково-дослідної роботи становить 275,00 грн.

4.7 Обчислення накладних витрат

До статті накладних витрат включаються фінансові видатки підприємства [27], які безпосередньо пов’язані із загальним обслуговуванням робочого процесу, організаційним забезпеченням діяльності, утриманням адміністративно-управлінського апарату компанії, а також створенням та підтримкою належних санітарно-гігієнічних та технічних умов праці для інженерно-технічного персоналу.

Залежно від масштабу підприємства, його організаційно-правової форми та діючої облікової політики господарюючого суб’єкта, накладні витрати під час калькулювання собівартості НДР прогнозуються [27] у нормативному діапазоні від 20% до 60% від сумарного фонду оплати праці розробників за формулою 4.10:

$$Н_в = В_о.п \cdot К_{накл} \quad (4.10)$$

де Во.п – загальні витрати на оплату праці (сума основної та додаткової заробітної плати колективу розробників), грн;

Кнакл – нормативний коефіцієнт накладних витрат

У межах даного техніко-економічного обґрунтування проекту модернізації ЛОМ ПП «Netix-T», накладні витрати прийнято в середньому розмірі 50% від раніше розрахованого фонду оплати праці

На основі визначених параметрів виконується розрахунок адміністративно-господарської складової кошторису:

Нв = 9343,75 · 0,5 = 4671,88 грн.

Таким чином, підсумковий обсяг накладних витрат, необхідний для забезпечення належного функціонування робочих місць, покриття загальногосподарських потреб та адміністрування процесу проектування мережі, становить 4671,88 грн.

4.8 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Заключним етапом техніко-економічного аналізу розробки є узагальнення всіх раніше обчислених статей [27] локальних витрат у єдину калькуляційну структуру. Це дозволяє сформувати повний кошторис фінансових видатків, визначити загальну собівартість науково-дослідної роботи з модернізації мережевої інфраструктури, а також проаналізувати питому вагу кожної окремої статті витрат у загальному бюджеті проекту.

Результати проведених вище розрахунків зведемо у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 — Кошторис витрат на НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	В % до загальної суми
1	2	3

Продовження таблиці 4.4

1	2	3
Витрати на оплату праці (Во.п)	9343,75	15,31
Відрахування на соціальні заходи (Вс.з)	2055,63	3,37
Матеріальні витрати (Зм.в)	39954,00	65,46
Витрати на електроенергію (Зе)	199,25	0,33
Транспортні витрати (Тв)	3196,32	5,24
Амортизаційні відрахування (А)	275,00	0,45
Накладні витрати (Нв)	4671,88	7,65
Собівартість (Св)	61040,83	100

Повна виробнича собівартість (Св) [27] науково-дослідної роботи розраховується як сума всіх калькуляційних статей прямих та накладних видатків за формулою 4.11:

$$С_в = В_о.п + В_с.з + З_м.в + З_е + Т_в + А + Н_в \quad (4.11)$$

На основі інтеграції розрахованих у попередніх підрозділах значень, підсумкова собівартість розробки та впровадження проекту модернізації ЛОМ становить:

Св = 9343,75+2055,63+39954,00+199,25+3196,32+275,00+4671,88=61040,83 грн.

Отже, повна собівартість реалізації проекту для ПП «Netix-T» дорівнює:

Св = 61040,83 грн.

Аналіз структури кошторису (таблиця 4.4) свідчить [27], що найбільшу питому вагу в загальному бюджеті займають матеріальні витрати (65,46%), що пов'язано з капітальним оновленням апаратної частини — придбанням високопродуктивних керованих комутаторів компанії TP-Link та гігабітного маршрутизатора MikroTik для забезпечення стабільного функціонування залів підприємства [9,10,13].

4.9 Розрахунок ціни НДР

Визначення кінцевої договірної вартості науково-дослідної роботи є ключовим етапом комерціалізації проекту, що дозволяє врахувати не лише витратну складову розробки, а й закласти нормативний прибуток для розробників, а також врахувати загальнодержавні податкові зобов'язання [28].

Кінцева прогнозована ціна ($Ц$) виконання науково-дослідної роботи з модернізації мережевої інфраструктури розраховується на основі повної собівартості з урахуванням планового рівня рентабельності та податку на додану вартість за формулою 4.12:

$$Ц = С_в \cdot \left(1 + Р_{рен}\right) \cdot (1 + ПДВ) \qquad (4.12)$$

де Св – повна виробнича собівартість виконання НДР, розрахована у підрозділі 4.8, грн;

Ррен – очікуваний (плановий) рівень рентабельності науково-технічної продукції (приймається у вигляді десяткового коефіцієнта);

ПДВ – діюча законодавча ставка податку на додану вартість в Україні (виражена у вигляді десяткового коефіцієнта) [28].

Відповідно до умов фінансування та ринкових стандартів проектування ЛОМ, плановий рівень рентабельності встановлюється у розмірі 30%. Державна ставка податку на додану вартість складає 20% [28]. Базова собівартість розробки становить 61 040,83 грн.

На основі зазначених фінансово-економічних індикаторів виконується підсумковий розрахунок вартості:

Ц = 61040,83 · (1 + 0,3) · (1 + 0,2) = 61040,83 · 1,3 · 1,2 = 79353,08 · 1,2 = 95223,69 грн

Таким чином, повна договірна вартість розробки та реалізації проекту модернізації локальної обчислювальної мережі для ПП «Netix-T» з урахуванням нормативного прибутку та відрахування ПДВ становить:

Ц = 95223,69 грн.

4.10 Розрахунок економічної ефективності та терміну окупності впровадження ЛОМ

Заключним та найбільш відповідальним етапом техніко-економічного обґрунтування науково-дослідної роботи є оцінка фінансових результатів від практичного розгортання спроектованої мережевої інфраструктури. Визначення економічної доцільності базується на зіставленні капітальних інвестицій [27] (договірної ціни НДР) із прогнозованим річним заощадженням, отриманим за рахунок автоматизації процесів, підвищення продуктивності праці персоналу та мінімізації часових втрат у залах підприємства ПП «Netix-T».

Річний економічний ефект (Ер) [27] від реалізації та практичного впровадження результатів розробки розраховується за формулою 4.13:

$$E_р = E_н - E_н \cdot K_н \qquad (4.13)$$

де Ен – очікувана (нормативна) сума річної економії від функціонування модернізованої мережі, грн.

Кн – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Для розрахунку фінансових показників проекту, відповідно до галузевих стандартів та вихідних даних дослідження, річна нормативна економія від оптимізації інформаційних потоків та зменшення простоїв обладнання на

підприємстві становить Ен = 42000,00 грн. Нормативний коефіцієнт ефективності приймається на рівні Кн = 0,15$.

На основі зазначених параметрів проведено розрахунок чистого річного ефекту:

Ер = 42000,00 – 42000,00 · 0,15 = 42000,00 – 6300,00 = 35700,00

Одним із ключових критеріїв, що визначає інвестиційну привабливість проекту [27] для керівництва ПП «Netix-T», є термін окупності капітальних вкладень. Розрахунковий термін окупності (Ток, років) показує період, протягом якого капітальні витрати повністю компенсуються за рахунок отриманого економічного ефекту, і обчислюється за формулою 4.14:

$$Т_{ок} = \frac{Ц}{Е_р} \quad (4.14)$$

де Ц – повна договірна ціна розробки та реалізації проекту НДР, обчислена у підрозділі 4.9 (Ц = 95223,69 грн);

Ер – розрахований річний економічний ефект, грн.

На основі отриманих вартісних показників виконано калькуляцію періоду повернення інвестицій:

Ток = 95223,69/35700,00 ≈ 2,67 року

Аналіз отриманого результату свідчить, що термін окупності модернізації ЛОМ становить приблизно 2,67 року (2 роки і 8 місяців), що є цілком прийнятним і фінансово виправданим показником [27] для проектів у сфері розвитку інформаційних технологій та зв'язку, оскільки цей період суттєво менший за нормативний термін експлуатації мережевого обладнання.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ ТА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Під час розробки та впровадження інженерно-технічних та інфраструктурних рішень розгляд аспектів охорони праці є невіддільною та пріоритетною стадією проектування, оскільки захист здоров'я і життя працюючих законодавчо визначено фундаментальним вектором соціальної політики держави [17]. Ключова спрямованість цього розділу орієнтована на детальний аналіз і прогнозування небезпечних та шкідливих виробничих чинників, здатних виникнути на етапах розгортання та подальшого щоденного функціонування телекомунікаційної інфраструктури приватного підприємства «Netix-T».

Паралельно з цим у розділі обґрунтовується комплекс організаційних і технічних превентивних заходів, покликаних сформувати повністю безпечні, нешкідливі та ергономічні умови життєдіяльності для інженерного персоналу, системних адміністраторів, а також спеціалістів із програмного забезпечення компанії відповідно до діючих нормативних стандартів [18, 24].

5.1 Аналіз небезпеки ураження електричним струмом

Під час виконання професійних обов'язків, пов'язаних із підтримкою, сервісним обслуговуванням та адмініструванням мережевої інфраструктури, фахівці приватного підприємства постійно взаємодіють із різноманітним спектром електротехнічного обладнання. Клієнтські робочі станції, серверні платформи, керовані комутатори, шлюзи та бездротові модулі отримують живлення від стандартної міської електромережі однофазного змінного струму з потенціалом 220 В та промисловою частотою 50 Гц [22, 23].

Головна небезпека електричного струму полягає в його повній прихованості, оскільки він не має видимого забарвлення, специфічного запаху чи звукових проявів. Органи чуття людини не здатні дистанційно детектувати наявність напруги, тому загроза виявляється безпосередньо у момент фізичного контакту з відкритими елементами, які знаходяться під потенціалом.

З огляду на рівень загрози виникнення електротравм, відкриті робочі простори (open space), де розміщені столи розробників та інженерів, класифікуються як приміщення без підвищеної небезпеки [22]. Цьому сприяє підтримання оптимального теплового режиму, сухий ефір та наявність покриття підлоги з діелектричними властивостями. На противагу загальним залам, відокремлений серверний вузол, де скомпоновано ключове комутаційне обладнання підприємства, потужні модулі джерел безперебійного живлення (ДБЖ) та блоки кліматичного контролю, є зоною підвищеної відповідальності, що вимагає впровадження значно суворіших заходів безпеки та технічного нагляду.

Фізіологічний вплив електричного струму при його проходженні крізь тканини людського тіла має комплексний характер і традиційно диференціюється на такі види руйнівної дії [17, 22]:

- Термічна дія — викликає сильні локальні опіки шкірних покривів, а також критичне перегрівання внутрішніх органів і магістральних кровоносних судин.
- Електролітична дія — призводить до фізико-хімічного розщеплення крові, лімфи та інших біологічних рідин організму, що порушує їхній базовий склад.
- Біологічна дія — супроводжується раптовим судомним спазмом скелетної мускулатури та внутрішніх м'язів, що несе пряму загрозу зупинки дихання або викликає фібриляцію шлуночків серця.

Інтенсивність та наслідки електротравми безпосередньо зумовлені комплексом чинників, серед яких ключовими є величина сили струму, тривалість електричного впливу, фізіологічний стан і психоемоційний тонус людини в момент інциденту, а також вектор проходження струму (найбільш критичними є петлі «рука-рука» та «рука-ноги», оскільки вони пролягають безпосередньо крізь серцевий м'яз) [17, 22].

Аналіз технологічних процесів адміністрування комп'ютерної мережі ПП «Netix-T» дозволяє виділити такі базові передумови виникнення електронебезпеки:

- Випадкове торкання персоналу до оголених провідників, пошкоджених силових кабелів чи струмопровідних вузлів комутаційних розеток.
- Поява фазної напруги на металевих шасі системних блоків або стінках телекомунікаційних шаф через деградацію, механічне зношення чи термічне руйнування ізоляційного шару силових дротів.
- Помилкова чи несвоєчасна подача напруги на лінію, де в цей момент інженерно-технічний персонал проводить ремонтні або модернізаційні роботи.
- Накопичення зарядів статичної електрики на корпусах мережевих пристроїв MikroTik, TP-Link або Ubiquiti за умов відсутності, неефективності або обриву захисного заземлення [9, 11]. Це не лише створює постійний дискомфорт і больові відчуття у працівників, а й загрожує виходом з ладу мікросхем обладнання.

Для повного нівелювання описаних загроз та забезпечення належного рівня безпеки на ПП «Netix-T» реалізується збалансований комплекс інженерно-технічних та організаційних рішень:

По-перше, основним технічним бар'єром виступає застосування високоякісної робочої та подвійної ізоляції на всіх лініях електроживлення. Наступною обов'язковою умовою є розгортання захисного заземлення за сучасними схемами TN-S або TN-C-S [22, 26]. Усі ПК, сервери та металеві серверні стійки підключаються до мережі живлення виключно через триконтактні розетки із підведеним заземлювальним провідником.

По-друге, з метою превентивного захисту людей від ураження при непрямому контакті чи витоках струму, в головному розподільному щиті офісу встановлюються пристрої захисного відключення (ПЗВ) [23] спільно з диференційними автоматичними вимикачами. Ці пристрої миттєво (за мілісекунди) припиняють подачу живлення на пошкоджену ділянку у разі виявлення короткого замикання чи аномальних струмів витоку.

По-третє, будь-які монтажні, профілактичні чи ремонтні маніпуляції з активним і пасивним мережевим обладнанням повинні здійснюватися кваліфікованими фахівцями лише після гарантованого знеструмлення апаратури та

з обов'язковим використанням ручного інструменту з ізольованими діелектричними рукоятками.

5.2 Порядок дій персоналу ПП «Netix-T» у разі виникнення пожежі

Раптове виникнення осередку займання чи задимлення в робочих залах або у спеціалізованому серверному приміщенні приватного підприємства «Netix-T» є серйозною надзвичайною ситуацією. Вона вимагає від кожного штатного співробітника максимальної концентрації, чіткості, холоднокровності та строгої послідовності дій, спрямованих на захист людських життів і збереження дорогого апаратного комплексу компанії.

Першочерговий алгоритм дій працівника, який візуально виявив ознаки пожежі, зафіксував стійкий запах тліючої ізоляції, іскріння провідників мідного кабелю чи появу диму в комутаційних шафах, включає такі обов'язкові кроки:

- Негайне гучне усне сповіщення всіх колег у приміщенні та активація ближчого ручного пожежного сповіщувача (кнопки тривоги) загальної системи сигналізації компанії.
- Екстрений виклик підрозділів Державної служби з надзвичайних ситуацій за допомогою мобільного чи стаціонарного зв'язку за єдиним номером «101» [18, 19].
- Чітке повідомлення диспетчеру рятувальної служби таких відомостей: юридична та фактична адреса офісу, поверховість будівлі, точне місце загоряння (наприклад, серверна кімната у правому верхньому крилі), характер розвитку пожежі, наявність загрози для людей у суміжних кабінетах, власне прізвище, ім'я та контактний телефон.
- Миттєве доведення інформації про інцидент до відома безпосереднього керівництва або посадової особи, яка офіційно відповідає за протипожежну безпеку на об'єкті [21], для подальшої координації евакуаційних заходів.

Паралельно з трансляцією сигналу тривоги в офісі розгортається процес негайного виведення працівників інженерного відділу, програмістів та адміністрації з небезпечної зони, який підпорядковується таким суворим правилам:

- Евакуаційні заходи реалізуються виключно за попередньо розробленими, погодженими та вивішеними на стінах графічними маршрутами [20, 21], що забезпечує рух людей організовано, без паніки та тисняви.
- Під час пожежної тривоги категорично і без винятків забороняється користуватися ліфтовими кабінами [20], оскільки у разі автоматичного чи аварійного відключення електроживлення будівлі пасажирські кабіни можуть виявитися заблокованими між поверхами.
- Повне відключення об'єкта від силової електромережі є критично важливим технічним кроком перед початком активної локалізації вогню з огляду на високу щільність розміщення обчислювальної техніки. Відповідальний за електрогосподарство спеціаліст або черговий системний адміністратор зобов'язаний негайно знеструмити будівлю шляхом ручного вимкнення головних вводних автоматичних вимикачів у розподільному електрощиті компанії.

Для ліквідації займань активного мережевого обладнання, телекомунікаційних шаф, виділеного сервера S_1 та магістральних ліній витої пари, застосування первинних засобів пожежогасіння базується на таких принципах:

- Персонал ПП «Netix-T» повинен застосовувати виключно вуглекислотні вогнегасники (типу ОУ) [21], оскільки вогнегасна речовина у таких балонах (діоксид вуглецю) не має електропровідності, швидко знижує температуру в осередку пожежі та повністю випаровується, не залишаючи слідів. Це дозволяє зберегти працездатність дорогої чутливої мікропроцесорної техніки MikroTik, TP-Link або Ubiquiti після інциденту і повністю виключає ризик ураження людини струмом.
- Використання водних, водопінних чи деяких видів порошкових вогнегасників у серверній зоні та офісних залах із великою кількістю ПК суворо

і беззастережно заборонено [21], оскільки це викликає коротке замикання, повне руйнування електроніки та несе загрозу для життя оператора.

Усі співробітники ПП «Netix-T», які не залучені до первинних заходів із локалізації вогню, повинні оперативно покинути приміщення і перемістити на вулицю до заздалегідь визначеної безпечної точки збору. На фінальній стадії ліквідації надзвичайної ситуації керівництво компанії забезпечує виконання таких завершальних процедур:

- Керівники структурних підрозділів зобов'язані негайно провести поіменну перекличку персоналу за штатними списками, щоб чітко переконатися, що ніхто з розробників чи відвідувачів не залишився заблокованим у палаючих чи задимлених кабінетах.
- Після прибуття пожежних автомобілів до місця події відповідальний керівник компанії зустрічає команди рятувальників, інформує їх про планування будівлі, точні координати серверної кімнати, підтверджує повне знеструмлення внутрішніх силових ліній, повідомляє про результати евакуації людей та забезпечує пожежним розрахункам безперешкодний доступ до всіх внутрішніх об'єктів підприємства.

5.3 Психофізіологічні негативні фактори

Професійна діяльність IT-спеціалістів та системних адміністраторів приватного підприємства «Netix-T» безпосередньо пов'язана з тривалою роботою за комп'ютером. Такий формат інтелектуальної праці формує специфічну групу шкідливих виробничих чинників, які за діючими нормативами класифікуються як психофізіологічні [17, 24].

Відповідно до профільного законодавства, ці чинники диференціюються на такі категорії:

- Фізичні перевантаження — тривалі статичні напруження м'язових тканин під час сидячої пози та локальні динамічні мікронавантаження на зап'ястя.

- Нервово-психічні перевантаження — значне розумове перенапруження, висока інтенсивність роботи зорового аналізатора, монотонність праці та хронічні емоційні навантаження.

Оскільки персонал проводить перед екранами моніторів понад 80% робочого часу, тривалий емоційний та ментальний пресинг викликає виснаження центральної нервової системи, розлади сну та синдром професійного вигорання [17]. Специфіку стресових ситуацій на підприємстві формують такі штатні та позаштатні чинники:

- Критичні аварійні збої апаратної бази, обриви ліній зв'язку або помилки в таблицях маршрутизації ядра мережі.
- Зовнішні кібератаки, несанкціоновані спроби доступу до даних та раптові втрати інформаційних пакетів у залах компанії.
- Необхідність екстреного налаштування обладнання MikroTik чи Ubiquiti в умовах жорстких часових лімітів (дедлайнів).

Окрему загрозу становить колосальне навантаження на органи зору. Читання системних логів у терміналах командного рядка та написання коду вимагають безперервної фіксації погляду, що рефлекторно знижує частоту моргання та призводить до пересихання рогівки. Цей патологічний стан класифікується як комп'ютерний зоровий синдром (Computer Vision Syndrome) [24].

Тривалий дефіцит рухової активності (гіподинамія) викликає нерівномірний тиск на хребет, стаючи причиною остеохондрозу, сколіозу чи гриж, а також зумовлює небезпечний венозний застій крові у нижніх кінцівках [24].

Для ефективної нейтралізації впливу цих факторів на ПП «Netix-T» впроваджується комплекс заходів виробничої ергономіки та санітарії за такими напрямками:

- Раціональна організація робочих місць — закупівля крісел з анатомічною підтримкою хребта; розміщення РК-моніторів на безпечній відстані 60–70 см від очей [24]; використання антивідблискового покриття екранів та підставок для зап'ясть.

- Регламентація режиму праці та відпочинку — законодавче впровадження обов'язкових технологічних пауз тривалістю 10–15 хвилин після кожної години інтенсивної роботи з комп'ютером [24].

- Фізичне розвантаження під час перерв — виконання персоналом комплексів виробничої гімнастики для м'язів спини і шиї, а також спеціалізованих вправ для очей з метою зняття спазму акомодації.

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було вирішено комплекс завдань, пов'язаних із проєктуванням сучасної локальної комп'ютерної мережі для підприємства. Результатом роботи стало створення мережевої інфраструктури, здатної забезпечити стабільний обмін інформацією між підрозділами, ефективне використання спільних ресурсів та безпечний доступ користувачів до внутрішніх і зовнішніх сервісів.

На початковому етапі було досліджено особливості діяльності підприємства, визначено потреби користувачів та сформовано перелік технічних вимог до майбутньої мережі. Проведений аналіз дозволив обґрунтувати вибір технологій передавання даних, мережевої топології та принципів організації інформаційного середовища.

У процесі розробки проєкту виконано побудову логічної та фізичної структури мережі, розроблено систему адресації та здійснено сегментацію мережевого простору із застосуванням технології VLAN. Такий підхід дозволяє зменшити навантаження на мережу, покращити керованість її компонентів та підвищити рівень захисту інформаційних ресурсів.

Для реалізації проєкту було підібрано мережеве обладнання, технічні характеристики якого відповідають вимогам щодо швидкодії, надійності та можливості подальшого розвитку мережі. Використання сучасних комутаційних пристроїв, маршрутизатора та бездротових точок доступу забезпечує стабільну роботу як дротового, так і бездротового сегментів мережі.

У спеціальному розділі розглянуто порядок конфігурування активного мережевого обладнання, виконано налаштування маршрутизації, міжмережевої взаємодії та бездротового доступу. Реалізовані рішення сприяють підвищенню продуктивності мережі, забезпечують розмежування доступу між користувачами та створюють умови для безпечної експлуатації інформаційної системи.

Для підтвердження працездатності спроєктованої мережі проведено її тестування з використанням спеціалізованих програмних засобів. Отримані

результати засвідчили коректність функціонування мережевих вузлів, успішну передачу даних між сегментами мережі та відповідність параметрів роботи встановленим вимогам.

Окрему увагу приділено економічному обґрунтуванню проєкту. Виконані розрахунки дозволили визначити необхідні витрати на впровадження мережевої інфраструктури та підтвердили доцільність використання запропонованого технічного рішення з практичної точки зору.

Також у роботі розглянуто питання охорони праці та безпеки під час експлуатації комп'ютерної техніки й мережевого обладнання. Проаналізовано фактори, що можуть впливати на умови праці персоналу, та наведено заходи щодо мінімізації можливих ризиків.

Отже, усі поставлені завдання кваліфікаційної роботи виконано в повному обсязі. Розроблений проєкт комп'ютерної мережі забезпечує необхідний рівень продуктивності, надійності, безпеки та масштабованості, що робить його придатним для практичного впровадження та подальшого розвитку відповідно до потреб підприємства.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

3. Господарський кодекс України.

4. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту.

5. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з відеодисплейними терміналами ЕОМ.

6. ДСТУ 3008:2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. Київ, 2016.

7. ДСТУ EN 61140. Захист від ураження електричним струмом.

8. ДСТУ EN 62305. Захист від блискавки.

9. Кодекс цивільного захисту України.

10. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проєктів для спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія».

11. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні.

12. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила улаштування електроустановок.

13. Оліфер В. Г., Оліфер Н. А. Комп'ютерні мережі : принципи, технології, протоколи. Санкт-Петербург : Пітер, 2020. 992 с.

14. Податковий кодекс України.

15. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів : НПАОП 40.1-1.21-98.

16. Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні : Закон України.

17. Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування : Закон України.

18. Про оплату праці : Закон України.

19. Про охорону праці : Закон України.

20. Про пожежну безпеку : Закон України.

21. Столлінгс В. Передача даних та комп'ютерні мережі. Київ : Діалектика, 2019. 816 с.

22. Таненбаум Е. Комп'ютерні мережі. 5-те вид. Київ : Вільямс, 2018. 960 с.

23. ANSI/TIA-568.0-D. Generic Telecommunications Cabling for Customer Premises.

24. ANSI/TIA-568.2-D. Balanced Twisted-Pair Telecommunications Cabling and Components Standard.

25. BRAIN : комп'ютерна техніка та мережеве обладнання. URL: https://brain.com.ua (дата звернення: 08.06.2026).

26. IEEE 802.3. Ethernet Standard.

27. IEEE 802.11. Wireless LAN Standard.

28. iPerf3 Official Documentation. URL: https://iperf.fr (дата звернення: 09.06.2026).

29. ISO/IEC 11801-1:2017. Information technology — Generic cabling for customer premises.

30. MikroTik Documentation. URL: https://manual.mikrotik.com/docs/introduction/ (дата звернення: 05.06.2026).

31. MikroTik RouterOS Manual. URL: https://manual.mikrotik.com/docs/getting-started/software-specifications/ (дата звернення: 05.06.2026).

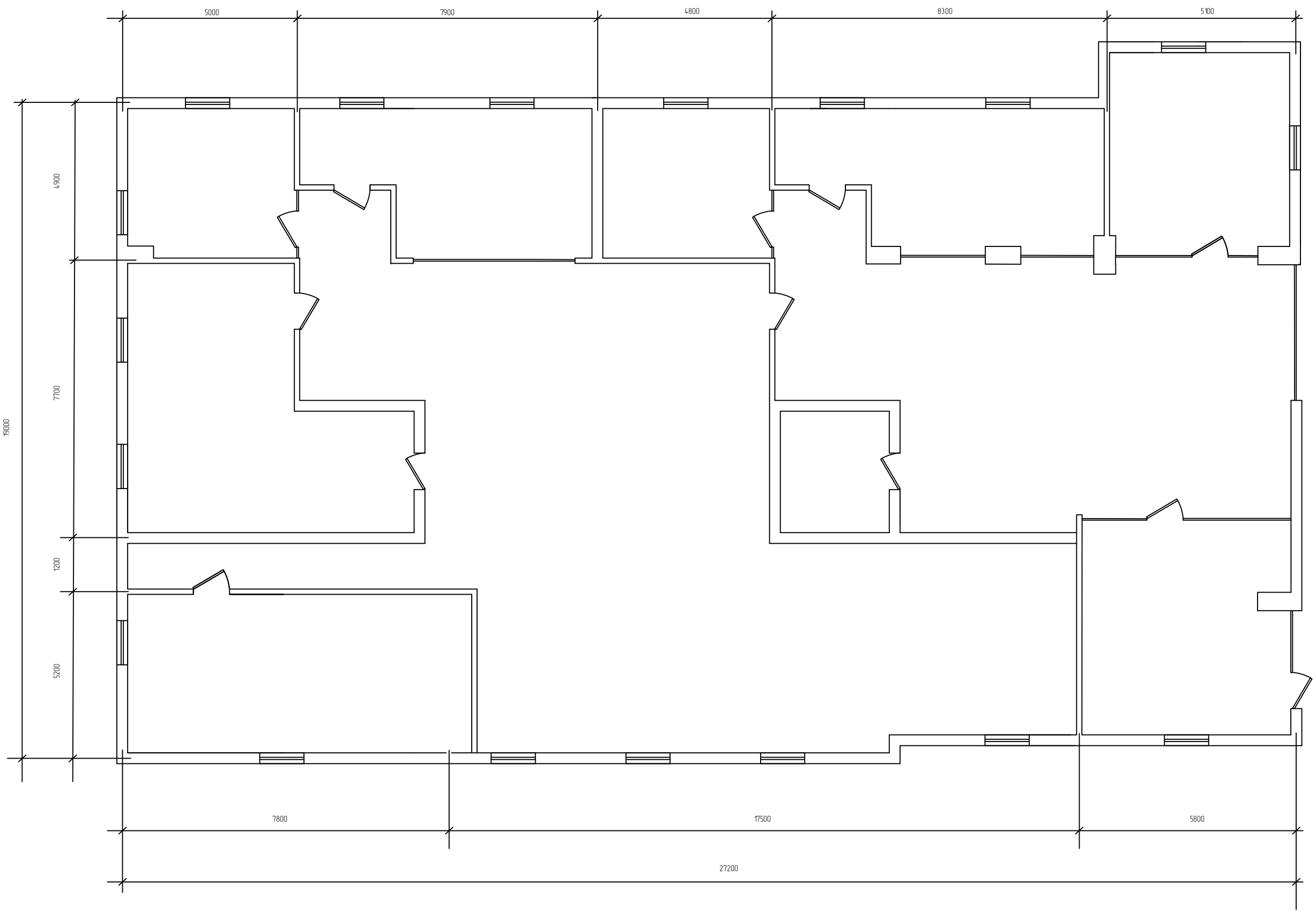
32. TP-Link TL-SG116E Specifications. URL: https://www.tp-link.com (дата звернення: 07.06.2026).

33. TP-Link TL-SG3428 Specifications. URL: https://www.tp-link.com (дата звернення: 07.06.2026).

34. Ubiquiti UniFi AP AC Pro Datasheet. URL: https://ui.com (дата звернення: 06.06.2026).

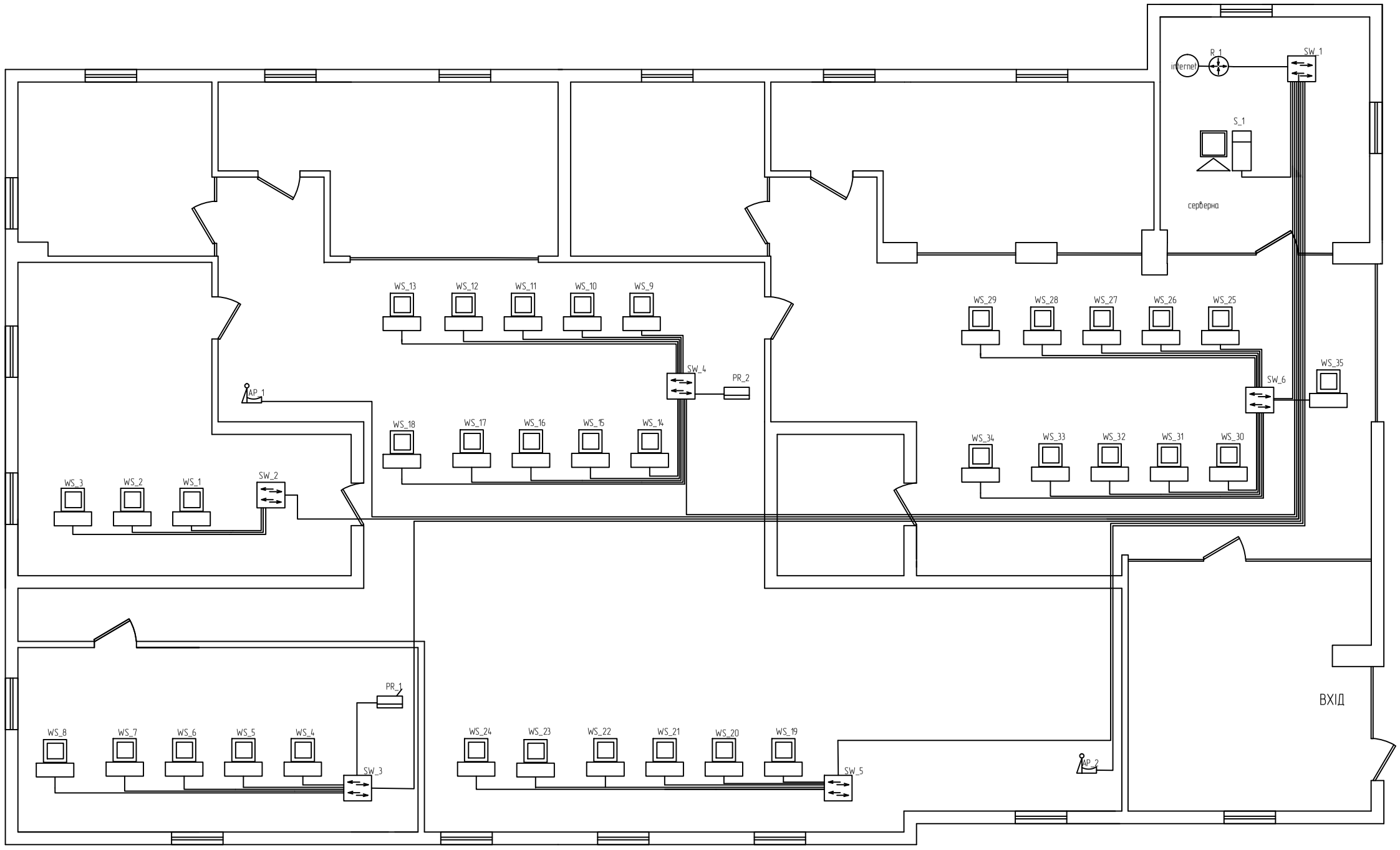
35. Ubiquiti UniFi Documentation. URL: https://help.ui.com (дата звернення: 06.06.2026).

2026.КВР.123.412.11.00.00 ПП

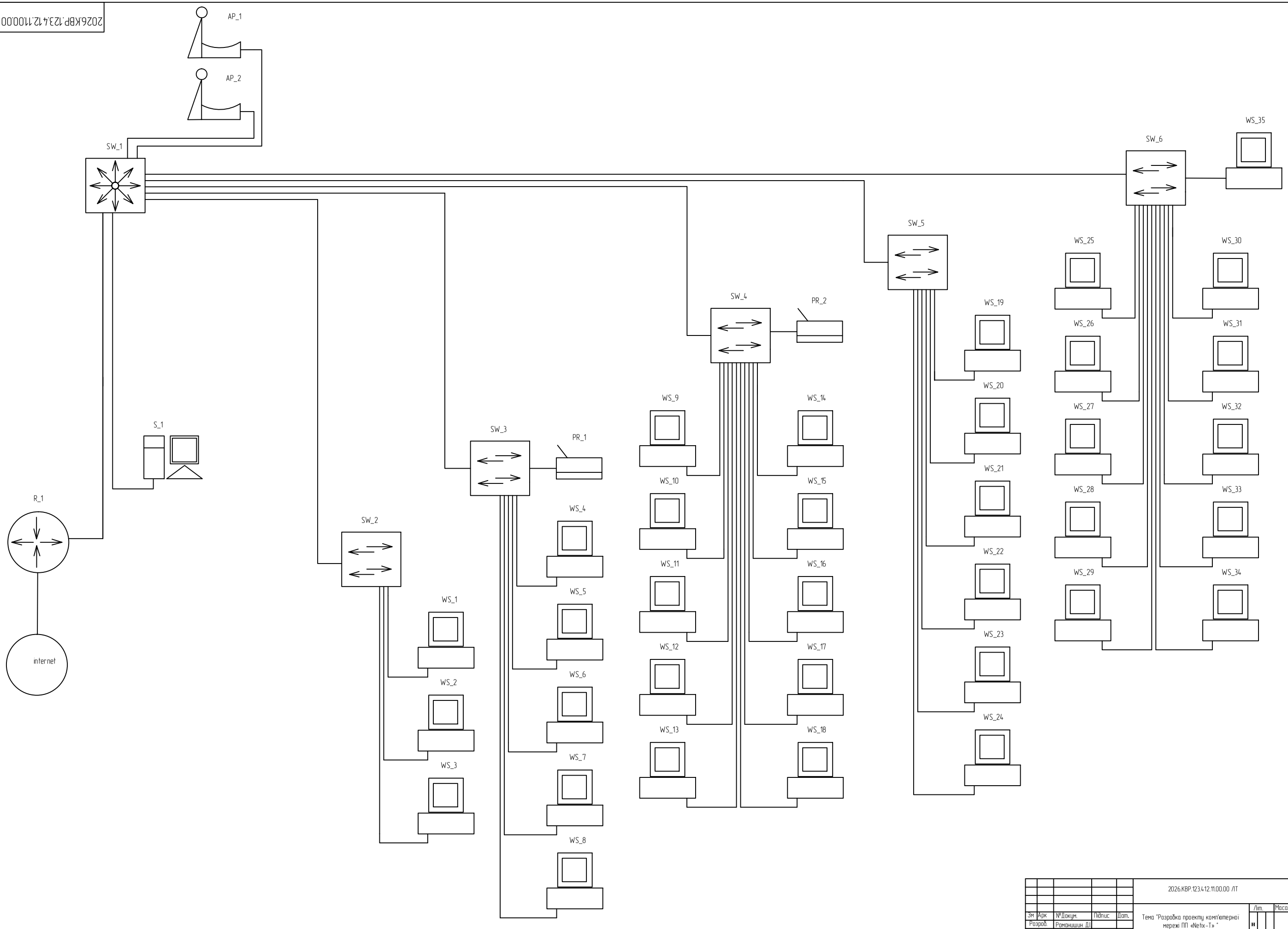


						2026.КВР.123.412.11.00.00 ПП	
Зм	Арк.	№Докум.	Підпис	Дат.			
Розроб.		Романишин Д.І.			Тема "Розробка проекту комп'ютерної мережі ПП «Nehx-T»"	Літ.	Маса / Масшт.
Керів		Дзюбата Н.І.					1:100
						Аркуш 1	Аркушів 1
Н.контр.		Юзьків А.В.			План приміщень	ВСП ТФК ТНТУ КІ-412, м.Тернопіль	
Рецензія							
затв.							

2026.КВР.123.412.11.00.00 ФТ



					2026.КВР.123.412.11.00.00 ФТ		
Зм	Арк.	№Докум.	Підпис	Дат.	Тема "Розробка проекту комп'ютерної мережі ПП «Netix-T» "	Літ.	Маса	Масшт.
Розроб.		Романишин Д.І.						1:100
Керів		Дзюбата Н.І.				Аркуш 1	Аркушів 1	
Н.контр.		Юзьків А.В.			Фізична топологія мережі			
Рецензія								
затв.								



						2026.КВР.123.412.11.00.00 /ЛТ		
Зм.	Арк.	№Докум.	Підпис	Дат.	Тема "Розробка проекту комп'ютерної мережі ПП «Netix-T» "	Літ.	Маса	Масшт.
Розроб.		Романишин Д.І.						
Керів		Дзюбата Н.І.				Аркуш 1	Аркушів 1	
Н.контр		Язьків А.В.			Логічна топологія	Рецензія		
Рецензія								
затв.								

ТАБЛИЦЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ							
№ п\п	параметр	одиниці вимірювання	значення	№ п\п	параметр	одиниці вимірювання	значення
1	технологія мережі	–	ethernet 1000	8	марка точки доступу	–	Ubiquiti UniFi AP AC Pro
2	топологія мережі	–	гібридна	9	операційна система робочих станцій	–	Windows
3	середовище передачі	–	Вита пара кат. 5Е	10	тип доступу до інтернет	–	вита пара
4	кількість вузлів мережі	шт	47	11	термін окупності	рік	2,6700
5	марка головного комутатора	–	TP-Link TL-SG3428	12	плановий прибуток	грн	18312,25
6	марка 16-ти портового комутатора	–	TP-Link TL-SG116E	13	собівартість	грн	61040,83
7	маршрутизатор	–	MikroTik hEX (RB750Gr3)	14	ціна	грн	95223,69

						2026.КВР.1234.12.1100.01 ТБ	
Зм.	Арк.	№Докум.	Підпис	Дат.			
Розроб.		Романишин Д.І.			Розробка проекту комп'ютерної мережі компанії "Тер-Енергія" Таблиця техніко-економічних показників	Літ.	Маса / Масшт.
Керів.		Дзюбата Н.І.				Н	
						Аркуш 1	Аркушів 1
Н.контр.		Юзьків А.В.			Рецензія техніко-економічних показників	ВСП ТФК ТНТУ КІ-412, м.Тернопіль	
Рецензія							

ТАБЛИЦЯ IP-АДРЕСАЦІЇ В МЕРЕЖІ					
№ П.П	НАЗВА	IP-АДРЕСА	МАСКА	РОБОЧА ГРУПА	НОМЕР VLAN
1	WS_1	192.168.31.2	255.255.255.0	Тех. відділ	31
2	WS_2	192.168.31.2	255.255.255.0	Тех. відділ	31
3	WS_3	192.168.31.4	255.255.255.0	Тех. відділ	31
4	WS_4	192.168.31.5	255.255.255.0	Зал 4	31
5	WS_5	192.168.31.6	255.255.255.0	Зал 4	31
6	WS_6	192.168.31.7	255.255.255.0	Зал 4	31
7	WS_7	192.168.31.8	255.255.255.0	Зал 4	31
8	WS_8	192.168.31.9	255.255.255.0	Зал 4	31
9	WS_9	192.168.31.10	255.255.255.0	Зал 2	31
10	WS_10	192.168.31.11	255.255.255.0	Зал 2	31
11	WS_11	192.168.31.12	255.255.255.0	Зал 2	31
12	WS_12	192.168.31.13	255.255.255.0	Зал 2	31
13	WS_13	192.168.31.14	255.255.255.0	Зал 2	31
14	WS_14	192.168.31.15	255.255.255.0	Зал 2	31
15	WS_15	192.168.31..16	255.255.255.0	Зал 2	31
16	WS_16	192.168.31..17	255.255.255.0	Зал 2	31
17	WS_17	192.168.31..18	255.255.255.0	Зал 2	31
18	WS_18	192.168.31.19	255.255.255.0	Зал 2	31
19	WS_19	192.168.32.2	255.255.255.0	Зал 3	32
20	WS_20	192.168.32.3	255.255.255.0	Зал 3	32
21	WS_21	192.168.32.4	255.255.255.0	Зал 3	32
22	WS_22	192.168.32.5	255.255.255.0	Зал 3	32
23	WS_23	192.168..32.6	255.255.255.0	Зал 3	32
28	WS_24	192.168.32.7	255.255.255.0	Зал 3	32
29	WS_25	192.168.32.8	255.255.255.0	Зал 1	32
31	WS_26	192.168.32.9	255.255.255.0	Зал 1	32
32	WS_27	192.168.32.10	255.255.255.0	Зал 1	32
33	WS_28	192.168.32.11	255.255.255.0	Зал 1	32
34	WS_29	192.168.32.12	255.255.255.0	Зал 1	32
35	WS_30	192.168.32.13	255.255.255.0	Зал 1	32
36	WS_31	192.168.32.14	255.255.255.0	Зал 1	32
37	WS_32	192.168.32.15	255.255.255.0	Зал 1	32
38	WS_33	192.168.32.16	255.255.255.0	Зал 1	32
39	WS_34	192.168.32.17	255.255.255.0	Зал 1	32
40	WS_35	192.168.32.18	255.255.255.0	Зал 1	32
39	S_1	192.168.30.10	255.255.255.0	Серверна	30
40	AP_1	192.168.33.2	255.255.255.0	wifi	33
41	AP_2	192.168.33.3	255.255.255.0	wifi	33
42	PR_1	192.168.31.20	255.255.255.0	Зал 4	31
43	PR_2	192.168.31.21	255.255.255.0	Зал 2	31
44	SW_1	192.168.10.2	255.255.255.0	Управління	10
45	SW_2	192.168.10.3	255.255.255.0	Управління	10
46	SW_3	192.168.10.4	255.255.255.0	Управління	10
47	SW_4	192.168.10.5	255.255.255.0	Управління	10
	SW_5	192.168.10.6	255.255.255.0	Управління	10
	SW_6	192.168.10.7	255.255.255.0	Управління	10
	WAN	Призначається провайдером	Призначається провайдером	Gateway	Всі

Зм.	Арк.	№Докум.	Підпис	Дат.	Тема "Розробка проекту комп'ютерної мережі ПП «Netix-T» "	Літ.	Маса	Масшт.
Розроб.		Романишин Д.І.						1100
Керів		Дзюбата Н.І.				Аркуш 1	Аркушів 1	
Н.контр		Юзьків А.В.			Таблиця IP-адрес	ВСП ТФК ТНТУ КІ-412, м.Тернопіль		
Рецензат								