

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)

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

фахового молодшого бакалавра

(освітньо-професійного ступеня)

на тему: Розробка проєкту комп'ютерної мережі ТОВ «Lytrox Solutions»

Виконав: студент IV курсу, групи KI-406

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

Любомир Була

(ім'я та прізвище)

Керівник

Андрій ЮЗЬКІВ

(ім'я та прізвище)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

**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**

Була Любомиру Богдаговику

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: **Розробка проєкту комп'ютерної мережі ТОВ
«Lytrox Solutions»**

керівник роботи **Юзьків Андрій Васильович**

(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: **плани приміщень, завдання на проєктування, стандарти ANSI/EIA/TIA 568 - “Commercial Building Telecommunications Wiring Standart” і ANSI/EIA/TIA 569 - “Commercial Building Standart for Telecommunications Pathwais and Spaces**

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): **Загальний розділ. Розробка технічного та робочого проєкту. Спеціальний розділ. Економічний розділ. Охорона праці та безпека життєдіяльності.**

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

- план приміщень;
- фізична топологія мережі;
- логічна топологія;
- таблиця IP-адрес;
- 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 проекту	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

_____ (підпис)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Любомр БУЛА
(ім'я та прізвище)

Андрій ЮЗЬКІВ
(ім'я та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Була Л.Б. Розробка проєкту комп'ютерної мережі ТОВ «Lytrox Solutions» : кваліфікаційна робота на здобуття освітньо-професійного ступеня фахового молодшого бакалавра, за спеціальністю 123 Комп'ютерна інженерія. Тернопіль : ВСП «ТФК ТНТУ», 2026. – 77 с.

Метою роботи є проєктування ефективної, безпечної та надійної комп'ютерної мережі для офісу компанії Lytrox Solutions. Розроблено логічну та фізичну топології з поділом на підмережі (VLAN) засобами обладнання третього рівня моделі OSI та маршрутизацією трафіку між ними; здійснено підбір комутаційного обладнання, програмного забезпечення й засобів мережевої безпеки. Складено інструкції з налаштування серверів, мережевого обладнання та робочих станцій, виконано економічне обґрунтування та розглянуто питання охорони праці.

Кваліфікаційна робота містить графічну частину, виконану на 5 аркушах формату А1, та пояснювальну записку, яка складається з 77 аркушів, містить 29 таблиць та 15 рисунків.

Ключові слова: ПК, комп'ютерна мережа, комутаційне обладнання, програмне забезпечення, мережевий захист, VLAN, економічні показники, охорона праці, техніка безпеки.

ANNOTATION

Bula L.B. Design of the Computer Network Project for “Lytrox Solutions” LLC : qualification work for the attainment of the professional junior bachelor’s degree in specialty 123 Computer Engineering. Ternopil : SEI “TCPC of TNTU”, 2026. – 77 p.

The objective of this work is to design an efficient, secure, and reliable computer network for the office of Lytrox Solutions. Logical and physical topologies were developed, with the network divided into subnetworks (VLANs) using Layer 3 OSI equipment and inter-subnet traffic routing; switching hardware, software, and network security tools were selected. Configuration instructions for servers, network equipment, and workstations were prepared, along with an economic justification and occupational-safety considerations.

The qualification work includes a graphical section presented on five A1 sheets and an explanatory note consisting of 77 pages, containing 29 tables and 15 figures.

Keywords: personal computer, computer network, switching equipment, software, network security, VLAN, economic indicators, occupational safety.

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
2						4
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ І СКОРОЧЕНЬ	7
ВСТУП	8
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Технічне завдання	9
1.1.1 Найменування та область застосування	9
1.1.2 Призначення розробки	9
1.1.3 Вимоги до апаратного і програмного забезпечення:	10
1.1.4 Вимоги до документації	11
1.1.5 Техніко-економічні показники	11
1.1.6 Стадії та етапи розробки	11
1.1.7 Порядок контролю та прийому	12
1.2 Опис задачі та характеристика підприємства (організації, установи)	12
2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ТА РОБОЧОГО ПРОЕКТУ	14
2.1 Опис та обґрунтування вибору логічного типу мережі	14
2.2 Розробка схеми фізичного розташування кабелів та вузлів	21
2.2.1 Типи кабельних з'єднань та їх прокладка	21
2.2.2 Будова вузлів та необхідність їх застосування	21
2.3 Обґрунтування вибору комунікаційного обладнання	24
2.4 Особливості монтажу мережі	34
2.5 Обґрунтування вибору програмного забезпечення	38
2.6 Обґрунтування вибору засобів захисту мережі	39
2.7 Тестування мережі	39
3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	41
3.1 Інструкції з налаштування програмного забезпечення серверів	41
3.1.1 Інструкції з налаштування сервера-шлюза S1 (Debian)	41
3.1.2 Інструкції з налаштування служб файлового сервера S2 (Debian)	42
3.2 Інструкції з налаштування активного комутаційного обладнання	44
3.2.1 Інструкції з налаштування точок доступу Ubiquiti U7 Pro	44

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		<i>Бцла Л.Б.</i>			Розробка проекту комп'ютерної мережі для офісу компанії Lytrox Solutions Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевірів		<i>Юзьків А.В.</i>						
Н. Контр.		<i>Приймак В.А.</i>				ВСП ТФК ТНТУ зр. КІ-406 м.Тернопіль		
Затв.								

3.2.2 Інструкції з налаштування головного комутатора	45
3.2.3 Інструкції з налаштування комутаторів робочих груп	47
3.2.4 Налаштування статичної маршрутизації між підмережами	47
3.2.5 Налаштування списків контролю доступу (ACL)	49
3.3 Інструкція з експлуатації та моніторингу в мережі	51
4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	54
4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР	54
4.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи	55
4.3 Розрахунок матеріальних витрат	56
4.4 Розрахунок витрат на електроенергію	58
4.5 Визначення транспортних затрат	58
4.6 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань	59
4.7 Обчислення накладних витрат	59
4.8 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР	60
4.9 Розрахунок ціни НДР	60
4.10 Визначення економічної ефективності і терміну окупності капітальних вкладень	61
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	63
5.1 Заходи з підвищення продуктивності праці та збереження здоров'я працюючих на підприємстві ТОВ «Lytrox Solutions»	63
5.2 Проектування систем раннього виявлення пожежі в приміщеннях з активним мережевим обладнанням	64
5.3 Організація безпечного монтажу слабкострумівих ліній та телекомунікаційного обладнання в ТОВ «Lytrox Solutions»	66
ВИСНОВКИ	68
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	69
ДОДАТКИ	71
Додаток А. Логічна адресація локальної мережі	71
Додаток Б. Консольні скрипти налаштування комутаційного обладнання MikroTik	73
Б.1 Скрипт налаштування центрального комутатора SW_4 (MikroTik CRS326-24G-2S+RM)	73
Б.2 Скрипт налаштування комутатора доступу SW_6 (MikroTik CSS610-8P-2S+IN)	74
Б.3 Скрипт налаштування списків контролю доступу (ACL) на центральному комутаторі / шлюзі	74
Б.4 Конфігураційні файли сервера-шлюза S1 (Debian 12)	75
Б.5 Конфігураційні файли файлового сервера S2 (Debian 12)	81

ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ І СКОРОЧЕНЬ

FTP (File Transfer Protocol) - протокол передачі файлів;

HTTP (Hypertext Transfer Protocol) - протокол передачі гіпертексту;

IDENT (Indentification Protocol) - протокол ідентифікації;

IP (Internet Protocol) – Інтернет-протокол;

ISP (Internet Service Provider) - провайдер доступу в Інтернет;

LAN (Local Area Network) – локальна мережа;

MAC (Media Access Control) - апаратна адреса ПК;

NAT (Network Address Translation) – мережева трансляція адрес;

TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) – протокол управління передачею/Інтернет протокол;

WINS (Windows Internet Name Service) – сервіс імен Windows;

ПК - персональний комп'ютер;

ОС - операційна система.

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Для забезпечення користувачів швидким і оперативним обміном інформацією між пристроями обробки інформації, що в свою чергу забезпечить користувачів необхідними сервісами використовують локальні комп'ютерні мережі. Вони бувають провідні та безпроводні. Не зважаючи на те, що провідні мережі існують вже досить давно, але вони й на сьогодні є основним типом зв'язку, оскільки забезпечують велику швидкодію, надійність передачі даних, та мають невисоку вартість.

Кваліфікаційна робота має на меті проектування комп'ютерної мережі для офісного приміщення Lytrox Solutions. Оскільки діяльність компанії пов'язана з гібридною інфраструктурою, вбудованими системами та IoT-інтеграцією, мережа повинна відповідати високим вимогам щодо розмежування трафіку й захисту інформації. Спираючись на аналіз технічного завдання й огляд аналогів, у роботі необхідно сформулювати логічну й фізичну топології мережі, обрати активне та пасивне обладнання, а також підготувати інструкції щодо встановлення й конфігурування програмного забезпечення. Додатково в проєкті виділено окремі VLAN для офісної частини, команди розробників, IoT-стенду та гостьового сегменту, а також передбачено правила фільтрації трафіку за допомогою ACL.

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Технічне завдання

1.1.1 Найменування та область застосування

Кваліфікаційну роботу присвячено темі «Розробка проєкту комп'ютерної мережі компанії Lytrox Solutions». У центрі уваги — створення локальної мережі для офісу Lytrox Solutions, що працює у сфері гібридної інфраструктури, вбудованих систем та інтеграції IoT-екосистем. Розгорнута мережа має прискорити робочі процеси, полегшити спільний доступ до файлів і сервісів та підтримати безперебійність ключових виробничих і управлінських операцій компанії.

Перелік комунікаційних потреб компанії типовий для IT-фірм зі змішаними командами й містить:

- з'єднання персональних комп'ютерів різних структурних підрозділів в одну мережу;
- спільний доступ до принтерів та дискового простору;
- колективне користування єдиним високошвидкісним каналом до Інтернету;
- використання в роботі сервісів локальної мережі та Інтернету;
- економний канал для обміну даними;
- можливість під'єднання до мережі як зі стаціонарного комп'ютера, так і з ноутбука чи мобільного пристрою.

1.1.2 Призначення розробки

Проєкт передбачає розгортання захищеної мережевої інфраструктури, що обслуговуватиме всі підрозділи компанії. Через неї працівники зможуть обмінюватися даними, виходити в Інтернет і користуватися корпоративними інструментами — поштою, системами керування проєктами, внутрішніми Git-

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		9

сховищами, серверами збирання прошивок для вбудованих пристроїв тощо.
Реалізація роботи має дати такі результати:

- зведення наявної комп'ютерної техніки в єдину інформаційну мережу з поділом її на підмережі;
- організацію спільного виходу робочих станцій та інших пристроїв в Інтернет через механізм NAT;
- встановлення безпроводної точки доступу для бездротових клієнтів — смартфонів, ноутбуків, планшетів;
- пришвидшення опрацювання інформації;
- підвищення продуктивності праці.

1.1.3 Вимоги до апаратного і програмного забезпечення:

Аби мережа офісу Lytrox Solutions працювала, знадобиться таке обладнання:

- Головний комутатор стандарту Gigabit Ethernet з функціями 3-го рівня моделі OSI на 24 порти.
- Комутатори робочих груп стандарту Gigabit Ethernet на 8 портів.
- Маршрутизатор-шлюз.
- Маршрутизатор з безпроводним інтерфейсом стандарту IEEE 802.11ac.
- Комутаційна шафа.
- Патчпанель.
- Мережевий кабель.
- Роз'єми для термінування сегментів кабелю.
- Мережеві розетки.

Локальну мережу реалізовано на основі стека протоколів TCP/IP версії 4.

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

1.1.4 Вимоги до документації

Будь-яка комп'ютерна мережа потребує грамотно складеної технічної документації — її повнота й правильність оформлення дають змогу вчасно обслуговувати локальну мережу. Для мережі офісу Lytrox Solutions комплект документації має охоплювати:

- План приміщення.
- Логічна топологія.
- Схема зв'язків між вузлами перенесена на план приміщення (фізична топологія).
- Таблиця IP-адрес.

1.1.5 Техніко-економічні показники

Основні техніко-економічні показники локальної мережі офісу Lytrox Solutions подано нижче:

- Тип мережі – Гібридна.
- Стандарт мережі – Gigabit Ethernet.
- Кількість робочих станцій – 44.
- Маршрутизатор-шлюз - MikroTik RB5009UG+S+IN.
- Середовище передачі – вита пара категорії 6.
- Вартість мережі до 400 тис.грн.

1.1.6 Стадії та етапи розробки

Створення локальної комп'ютерної мережі відбувається в кілька етапів:

- планування етапів побудови локальної мережі;
- побудова логічної топології мережі;
- побудова фізичної топології мережі;
- підбір потрібного активного та пасивного обладнання;
- прокладання кабельних трас;

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

- встановлення мережевих розеток;
- монтаж комутаційної шафи й під'єднання комунікаційного обладнання;
- налаштування головного комутатора;
- налаштування комутаторів робочих груп;
- конфігурування маршрутизаторів;
- тестування й налагодження мережі;
- оформлення технічної документації.

1.1.7 Порядок контролю та прийому

Оцінити якість мережі дає змогу контроль її технічних параметрів.

Перевірятимуться такі показники локальної мережі:

- число пакетів, помилково переданих і прийнятих комутатором;
- вивід утиліти netstat -e (статистика каналного рівня) на робочій станції;
- фактично виміряна швидкість передавання даних між комутатором і вузлами мережі;
- результати перевірки фізичного середовища кабельним тестером.

1.2 Опис задачі та характеристика підприємства (організації, установи)

Сферою діяльності Lytrox Solutions є гібридна інфраструктура та інтелектуальні системи керування; гасло компанії — «Прозорість у кожному байті, надійність у кожному контакті». Основні напрями її роботи такі:

- розроблення рішень промислової автоматизації на базі мікроконтролерів, зокрема виготовлення індивідуальних плат і створення прикладного ПЗ для виробничих ліній;
- проєктування корпоративних мережевих архітектур, налаштування серверів та організація шифрованих каналів для віддаленого доступу;
- розгортання для замовників приватних хмарних сховищ даних на платформі Linux;

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	<i>Арк</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		12

- об'єднання пристроїв Інтернету речей в єдину екосистему та розроблення індивідуальних сценаріїв автоматизації під конкретні задачі клієнтів.

Організаційно компанію поділено на кілька підрозділів. До адміністративного блоку входять кадрова служба та бухгалтерія. Команда вбудованої розробки створює апаратні плати й пише низькорівневе ПЗ для мікроконтролерів. За побудову корпоративних мереж, налаштування серверного парку та розгортання захищених каналів відповідає підрозділ мережевих рішень і системного адміністрування. Відділ IoT-інтеграції запроваджує Home Assistant, програмує сценарії автоматизації мовами Lua та Python і під'єднує сенсори й виконавчі механізми. За внутрішню комп'ютерну підтримку персоналу відповідає IT-служба. Okремо виділено комерційний відділ, що опікується клієнтами й контрактами, та групу дизайну, яка готує технічні ілюстрації, верстає документацію й розробляє вигляд корпусів виробів. Крім того, в офісі облаштовано зону спільного користування для неформального обміну ідеями.

Проект охоплює виконання таких етапів:

- розроблення локальної комп'ютерної мережі;
- проектування структурованої кабельної системи мережі;
- монтаж мережевого обладнання;
- налаштування апаратного забезпечення;
- налаштування програмного забезпечення;
- оформлення документації;
- перевірка працездатності локальної мережі та її служб.

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		13

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ТА РОБОЧОГО ПРОЕКТУ

2.1 Опис та обґрунтування вибору логічного типу мережі

До сучасних стандартів побудови локальних мереж належать високошвидкісні архітектури — FDDI (100 Мбіт/с) та АТМ (155 Мбіт/с), а також удосконалені версії Ethernet першого покоління: Fast Ethernet (100 Мбіт/с) і Gigabit Ethernet (1000 Мбіт/с).

Поліпшені варіанти Ethernet першого покоління придатні для роботи як по мідних кабелях, так і по волоконно-оптичних лініях зв'язку.

Новіші технології, FDDI та АТМ, орієнтовані переважно на оптичні лінії й дозволяють одночасно передавати дані різних типів — відео, голос та звичайний трафік. Під мережевою технологією розуміють мінімальний достатній набір стандартних протоколів і програмно-апаратних засобів для побудови обчислювальної мережі; такі технології називають базовими. Сьогодні існує безліч мереж різного рівня стандартизації, проте найбільшого поширення набули Ethernet, Token-Ring, Arcnet та FDDI.

Дротову частину мережі побудовано на стандарті Gigabit Ethernet. Такий вибір зумовлений його широким розповсюдженням, достатньою для сучасних мультимедійних застосунків швидкістю та сумісністю зі старішим мережевим обладнанням.

Gigabit Ethernet є наступним кроком розвитку Ethernet (10 Мбіт/с) та Fast Ethernet (100 Мбіт/с) і працює зі швидкістю 1000 Мбіт/с. Технологія повністю сумісна з наявним обладнанням Ethernet/Fast Ethernet, локалізує трафік і забезпечує швидке передавання даних між сегментами, тому її застосовують для під'єднання серверів та магістральних ділянок. Впровадження Gigabit Ethernet підвищує продуктивність LAN, полегшує масштабування та поступово зменшує сукупні витрати.

Оскільки технічне завдання передбачає також проектування бездротового сегмента, далі розглянуто стандарти його побудови з їхніми перевагами й

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		14

недоліками — це допоможе обрати оптимальний варіант для офісів Lytrox Solutions.

Нині налічують шість основних стандартів Wi-Fi: 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ac і 802.11ax. В Україні найпоширенішими є чотири з них — 802.11b, 802.11g, 802.11n та 802.11ac.

Стандарт 802.11b — найперший бездротовий стандарт із невисокою швидкістю та слабким захистом (скомпрометований протокол WEP), тому в корпоративних мережах його не використовують.

- Швидкість: 11 Мбіт/с.
- Протоколи забезпечення безпеки: WEP.
- Рівень безпеки: низький.

Стандарт 802.11g дає швидкість до 54 Мбіт/с і підтримує сучасніші протоколи шифрування WPA/WPA2, що забезпечує високий рівень захисту.

- Швидкість 54 Мбіт/с.
- Протоколи забезпечення безпеки: WEP, WPA WPA2.
- Рівень безпеки: високий.

Стандарт 802.11n — порівняно новий. У ньому на рівні самого стандарту закладено підтримку найсучасніших технологій, зокрема True MIMO та WPA2, тому особливо ретельний добір обладнання вже не потрібен:

- Швидкість: 300 Мбіт/с.
- Протоколи забезпечення безпеки: WEP, WPA WPA2.
- Рівень безпеки: високий.

Стандарт 802.11ac.

- Швидкість: більше 1 Гбіт/с.
- Протоколи забезпечення безпеки: WEP, WPA WPA2.
- Рівень безпеки: високий.

Водночас слід враховувати, що навіть обладнання з найновішими технологіями захисту не гарантує безпеки приватної мережі за неправильного налаштування. Кожен стандарт має додаткові механізми та параметри для посилення захисту.

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		15

Комутатор локальної мережі обирає порт для пересилання кадру за MAC-адресами каналного рівня. Проте йому притаманний помітний недолік — широкомовні кадри він розсилає на всі порти; у масштабних мережах чи за великого обсягу широкомовлення це здатне звести нанівець усю користь від комутації.

Аби запобігти цьому, поширення широкомовного трафіку локалізують, розбиваючи мережу на компактні широкомовні домени — віртуальні локальні мережі.

Об'єднати робочі станції у віртуальні мережі можна кількома способами. У цьому проекті обрано підхід за стандартом IEEE 802.1Q: приналежність кадру до тієї чи іншої VLAN задається спеціальним тегом, доданим до кадру.

Розрізняють такі типи віртуальних мереж:

- за портами;
- за MAC-адресами;
- з використанням міток у додатковому полі кадру — специфікація IEEE 802.1Q;
- на мережевому рівні;
- на основі протоколів;
- на основі правил.

Розглянемо деякі з них докладніше.

1. Організація VLAN на основі портів.

Це найпростіший варіант побудови віртуальної мережі, що водночас дає найкращу керованість і захист: пристрої розподіляють по VLAN за тими портами комутатора, до яких вони фізично під'єднані. Така мережа статична — щоб щось змінити, пристрій доводиться фізично перемикати. Відповідний приклад показано на рисунку 2.2.

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		17

Таблиця 2.1 – Логічна адресація в ЛОМ

№ п/п	Діапазон позначен ня вузлів	Робоча група/ К-сть вузлів		Приміще ння	Назва кабінету та його номер		Номер VLAN	Адреса підмережі/ Маска
		3	4		6	7		
1	SW×6, AP×5	-	11	серверна/ зони	Manageme nt	-	1	10.0.0.0/24
2	S_1, S_2	-	2	серверна	Servers	-	10	10.0.10.0/24
3	WS_3- WS_7, PR_1, AP_2	-	7	software	Software	-	20	10.0.20.0/24
4	WS_1- WS_2, WS_8- WS_16, PR_2- PR_3, AP_1, AP_3	-	13	hardware	Hardware	-	30	10.0.30.0/24
5	AP (зона очік.), AP_4 (кухня)	-	-	очік./кухн я	Guest / IoT	-	40	10.0.40.0/24
6	WS_17, AP_5	-	2	керівницт во	Manageme nt (керівн.)	-	50	10.0.50.0/24
7	VPN- клієнти	-	-	віддалені	WireGuard VPN	-	100	10.0.100.0/24

В таблиці 2.2 наведено дані, які необхідні перед початком конфігурування VLAN.

Таблиця 2.2 – Таблиця конфігурування VLAN

№ п/п	Позначення вузла	Номер порту	Тип порту	Назва мер. пристар.	Номер порту	Тип порту	Номер VLAN
1	2	3	4	5	6	7	8
1	WS_3, WS_4, WS_5, WS_6, WS_7	Eth0	-	SW_6	1-5	Access	20
2	PR_1	Eth0	-	SW_6	6	Access	20
3	AP_2	Eth0	-	SW_6	7 (PoE)	Access	1/20
4	WS_11-WS_16	Eth0	-	SW_4h	1-6	Access	30
5	AP_1	Eth0	-	SW_4h	7 (PoE)	Access	1/30
6	AP (зона очік.)	Eth0	-	SW_4h	8 (PoE)	Access	40
7	WS_7-WS_10	Eth0	-	SW_3h	1-4	Access	30
8	AP_3	Eth0	-	SW_3h	5 (PoE)	Access	1/30
9	PR_2, PR_3	Eth0	-	SW_3h	6-7	Access	30
10	WS_1, WS_2	Eth0	-	SW_2	1-2	Access	30
11	WS_17	Eth0	-	SW_5k	1	Access	50
12	AP_5	Eth0	-	SW_5k	2 (PoE)	Access	1/50
13	AP_4 (кухня)	Eth0	-	SW_5k	3 (PoE)	Access	40
14	S_2	GbE	-	SW_4	3	Access	10
15	S_1 (шлюз)	SFP+	Trunk	SW_4	SFP+ 1	Trunk	всі (10G)
16	SW_6	SFP+	Trunk	SW_4 (через PP)	SFP+ 2	Trunk	20,1
17	SW_4h	SFP+	Trunk	SW_4 (через PP)	SFP+ 3	Trunk	30,40,1
1	2	3	4	5	6	7	8
18	SW_3h	SFP+	Trunk	SW_4 (через PP)	SFP+ 4	Trunk	30,1
19	SW_2	SFP+	Trunk	SW_4 (через PP)	SFP+ 5	Trunk	30,1
20	SW_5k	SFP+	Trunk	SW_4 (через PP)	SFP+ 6	Trunk	50,40,1

2.2 Розробка схеми фізичного розташування кабелів та вузлів

2.2.1 Типи кабельних з'єднань та їх прокладка

Структурована кабельна система локальної мережі компанії охоплює такі підсистеми:

- Підсистема робочого місця — це робоча станція, мережева розетка та патч-корд, яким станцію під'єднано до розетки. Розетка й патч-корд відповідають категорії 6, а мережевий адаптер підтримує стандарти Ethernet/Fast Ethernet/Gigabit Ethernet.

- Горизонтальна підсистема — кабельні сегменти між мережевими розетками й комутатором робочої групи; кожен сегмент обслуговується власним комутатором.

- Вертикальна підсистема — кабельні сегменти, що з'єднують комутатори робочих груп із центральним комутатором. Ці сегменти заводяться в патч-панель, розміщену в комутаційній шафі разом з іншим мережевим обладнанням.

- Підсистема технічного приміщення, у якому встановлено комутаційну шафу.

Для розміщення мережевого обладнання відведено окреме приміщення.

2.2.2 Будова вузлів та необхідність їх застосування

Топологія — тобто схема з'єднання мережевих елементів — посідає особливе місце серед характеристик мережі, бо великою мірою задає її надійність, швидкодію та інші властивості, а також визначає, який механізм передавання даних у ній припустимий. Залежно від топології локальні мережі бувають довільними, кільцевими, деревоподібними, шинними («загальна шина», моноканал), зірковими тощо.

У топології «зірка» лінії від усіх абонентів збігаються до спільної точки — центрального вузла.

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		21

У кільцевій топології абонентів з'єднують каналами послідовно, утворюючи замкнене кільце; кожен вузол ретранслює повідомлення далі з невеликою затримкою.

Шинна (магістральна) топологія — це пасивний моноканал. Вона дістала найширше застосування там, де обмін даними нечастий: дані формують у пакет із адресою й відправляють, тільки-но магістраль вивільниться.

Порівнюємо ці топології за основними експлуатаційними критеріями.

Зіставлення трьох базових топологій за сукупністю експлуатаційних критеріїв дає змогу обґрунтовано обрати конфігурацію мережі. За вартістю розширення та під'єднання абонентів найекономнішою є «зірка»: нарощування мережі зводиться до підключення нового абонента до центрального вузла, тоді як «кільце» вимагає розриву каналу й вмикання абонента в розрив (виключення при розширенні), а «шина» обмежена як за розмірами системи, так і за вартістю під'єднання.

Вирішальними для офісної мережі є надійність та контроль помилок. У «зірці» відмова окремого каналу чи абонента не впливає на роботу решти вузлів, а локалізація й контроль помилок є простими, оскільки кожен абонент під'єднано окремим сегментом до центрального вузла. У «кільці» будь-який розрив призводить до повної відмови мережі, а в «шині» спільне середовище ускладнює контроль помилок та має незначну захищеність від прослуховування, оскільки кадри поширюються по всьому моноканалі.

За поведінкою під високим навантаженням і можливістю роботи в реальному часі «зірка» також переважає: центральний вузол (комутатор) забезпечує одночасну паралельну передачу між абонентами без колізій, тоді як «кільце» дає лише задовільні показники, а «шина» — погані через зростання кількості колізій у спільному середовищі. Водночас обслуговування та діагностика «зірки» є найзручнішими, а її головним обмеженням залишається залежність від центрального вузла, що компенсується резервуванням та використанням керованих комутаторів.

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		22

З огляду на наведене порівняння для проєктованої мережі обрано топологію на основі «зірки», яка забезпечує високу надійність, просте розширення, зручний контроль помилок і найкращу поведінку під навантаженням серед розглянутих варіантів.

У проєкті застосовано гібридну фізичну топологію, що поєднує «розширену зірку» та «комірчасту», оскільки в мережі використано безпроводну точку доступу.

Ієрархічна топологія спирається на кілька комутаторів, де кожен рівень відповідає за окрему мережеву функцію. Нижній рівень обслуговує з'єднання робочих станцій із серверами та надає доступ до мережі, а верхні рівні агрегують нижні. Для середніх і великих мереж така схема найдоречніша, адже дає змогу розширювати мережу й нарощувати пропускну здатність окремих сегментів або всієї мережі, не змінюючи її структури.

Розрахунок фізичних розмірів мережі та затримок передачі

Мережу побудовано згідно зі стандартом структурованої кабельної системи TIA/EIA-568, який обмежує довжину горизонтального каналу зв'язку величиною 100 м (90 м стаціонарного кабелю та до 10 м патч-кордів). Згідно з кабельною відомістю (таблиця 2.11) найдовша траса в мережі становить близько 21,6 м, що зі значним запасом задовольняє нормативне обмеження, тому послаблення сигналу та затримки залишаються в допустимих межах.

Швидкість поширення сигналу у кабелі категорії 6 становить приблизно 0,585 швидкості світла, тобто близько 175,4 млн м/с. Затримку поширення сигналу в сегменті визначають за формулою $t = L / v$, де L – довжина сегмента, v – швидкість поширення. Для найдовшої траси (21,6 м) затримка поширення складає близько 123 нс, а для максимально допустимого каналу 90 м – близько 513 нс.

Основний внесок у загальну затримку дають активні пристрої: комутатори працюють у режимі store-and-forward, тому затримка на кожному з них складається з часу серіалізації кадру (для максимального кадру 1518 байт на швидкості 1 Гбіт/с – близько 12,1 мкс) та внутрішньої латентності комутації

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		23

(близько 5 мкс). Результати розрахунку затримок для характерних сегментів наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок затримок передачі в мережі

Параметр	Значення
Швидкість поширення сигналу в Cat6	$\approx 175,4$ млн м/с (0,585с)
Найдовша траса (з відомості)	21,6 м
Затримка поширення в найдовшій трасі	≈ 123 нс
Затримка поширення на макс. каналі 90 м	≈ 513 нс
Серіалізація макс. кадру (1518 Б) на 1 Гбіт/с	$\approx 12,1$ мкс
Латентність комутатора (store-and-forward)	≈ 5 мкс
Найгірший шлях (WS→SW→ядро→SW→WS, комутатори)	односпрямована $\approx 51,9$ мкс 3
Час повного оберту (RTT)	$\approx 0,104$ мс

Як видно з розрахунку, сумарна односпрямована затримка навіть для найгіршого шляху між підмережами не перевищує 52 мкс, а час повного оберту – близько 0,1 мс. Такі значення є несуттєвими для офісних застосувань (передавання файлів, робота з базами даних, IP-телефонія) і підтверджують, що обрана топологія та обладнання забезпечують необхідну продуктивність мережі.

2.3 Обґрунтування вибору комунікаційного обладнання

Локальна мережа будується з використанням активного та пасивного комунікаційного обладнання.

До пасивного обладнання належать:

- Кабельна система локальної мережі (неекранована вита пара категорії 6, фірма-виробник Одескабель).
- Розетки RJ-45, які встановлюються в приміщеннях біля комп'ютерів.
- Кабельні сегменти, що з'єднують розетки з портами комутатора.
- Патчпанель 24 порти, категорія 6, висота 2U. Фірма виробник PCNET.

- Комутаційна шафа ProLine 18U 600x450x778 мм.

До активного комунікаційного обладнання цієї мережі належать:

1. Центральний комутатор.
2. Комутатори робочих груп.
3. Маршрутизатор.
4. Маршрутизатор з безпроводним інтерфейсом.

Порівняння комутаторів подано в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Порівняння технічних характеристик центральних комутаторів

	MikroTik CRS326-24G- 2S+RM	MikroTik CRS328-24P- 4S+RM	Zyxel XGS1250-12
Підтримка стандарту Gigabit Ethernet	+	+	+
Комутація кадрів/пакетів, Гбіт/с	88	88	24
Кадрів/пакетів в секунду, млн	65	65	18
К-сть портів 10/100/1000 BASE-TX	24+2 SFP+	24+4 SFP+	8+4
Статична маршрутизація	+	+	+
Динамічна маршрутизація	+	+	+
IEEE 802.1q	+	+	+

Як центральний (core) комутатор для мережі обрано MikroTik CRS326-24G-2S+RM: він має 24 гігабітні порти для агрегації uplink-ів від комутаторів робочих груп і два порти SFP+ (10 Гбіт/с) для під'єднання маршрутизатора та серверів. Пристрій показано на рисунку 2.4.



Рисунок 2.4 – Центральний комутатор MikroTik CRS326-24G-2S+RM

Далі обрано комутатори для робочих груп. Порівняння їхніх технічних параметрів подано в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Порівняння технічних характеристик комутаторів

Характеристики	MikroTik CSS610-8P-2S+IN	MikroTik CSS610-8G-2S+IN
Підтримувані стандарти	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3ab, IEEE 802.1p, IEEE 802.1Q, IEEE 802.3af/at (PoE)	
Пропускна здатність, Гбіт/с	28	28
Швидкість комутації, млн. пакетів/с	41,6	41,6
К-сть портів 10/100/1000	8 (PoE-out)	8
Додаткові слоти SFP+	2	2
Віддалене керування	Web (SwOS), WinBox	Web (SwOS), WinBox

Для робочих груп застосовано п'ять комутаторів MikroTik CSS610-8P-2S+IN (SW_1, SW_2, SW_3, SW_5, SW_6). Кожен має 8 портів Gigabit Ethernet з PoE для живлення точок доступу та два порти SFP+ (10 Гбіт/с) для uplink до центрального комутатора. Зовнішній вигляд наведено на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Комутатор робочих груп MikroTik CSS610-8P-2S+IN

Для бездротових сегментів мережі потрібно обрати точку доступу. Порівняння характеристик бездротових пристроїв подано в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Вибір точки доступу локальної мережі

Характеристики	Ubiquiti U7 Pro	TP-Link EAP670
Підтримувані стандарти	Wi-Fi 7 (802.11be); IEEE 802.11a/b/g/n/ac/ax; IEEE 802.3at	
Підтримка фільтра MAC	+	+
Підтримка WPA3	+	+
Живлення	PoE+ (802.3at)	PoE+ (802.3at)
Частоти	2.4 ГГц, 5 ГГц	2.4 ГГц, 5 ГГц, 6 ГГц
Віддалене керування	UniFi Controller	Omada Controller

У мережі застосовано п'ять точок доступу Ubiquiti U7 Pro (AP_1–AP_5), показаних на рисунку 2.6. Живлення подається по PoE безпосередньо з комутаторів робочих груп, а керування здійснює контролер UniFi. Пристрої підтримують стандарт Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) і працюють одночасно у двох діапазонах — 2,4 ГГц та 5 ГГц. Технології OFDMA, MU-MIMO та модуляція 1024-QAM забезпечують вищу спектральну ефективність і більшу сумарну пропускну здатність, ніж попередні стандарти, що особливо важливо за одночасного під'єднання багатьох клієнтів. Технічні характеристики наведено в таблиці 2.7.



Рисунок 2.6 – Точка доступу Ubiquiti U7 Pro

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики Ubiquiti U7 Pro

Технічні характеристики	Значення
Стандарти	Wi-Fi 7 (802.11be) IEEE 802.11ax/ac/n/a 5 ГГц IEEE 802.11n/b/g 2.4 ГГц
Робочі частотні діапазони (Wi-Fi 6, 802.11ax)	2,4 ГГц (802.11b/g/n/ax) – канали 20/40 МГц; 5 ГГц (802.11a/n/ac/ax) – канали 20/40/80/160 МГц; модуляція до 1024-QAM, технології OFDMA та MU-MIMO
WiFi швидкість	до 9,3 Гбіт/с (сумарно) 5 ГГц: 5760 Мбіт/с 2.4 ГГц: 688 Мбіт/с
Режими роботи	Режим точки доступу (UniFi)
Процесор	Quad-Core ARM Cortex-A53
Ethernet порт	1× 2.5 GbE (PoE+ вхід)
Шифрування WiFi	WPA2, WPA3, WPA2/WPA3-Enterprise (802.1x)
Мережева безпека	Ізоляція клієнтів, фільтр MAC, VLAN-тегування (802.1Q)
Кількість SSID	до 8 SSID з прив'язкою до окремих VLAN
Антенна система	MIMO 2,4 ГГц: 2×2; 5 ГГц: 4×4
Протоколи	IPv4, IPv6
VLAN	802.1Q, прив'язка SSID до VLAN
QoS	WMM, пріоритезація трафіку
Роумінг	802.11k/v/r (швидкий роумінг між точками)
Multicast	IGMP Snooping, Multicast-to-Unicast
Керування	UniFi Controller (локальний / хмарний)
Живлення	PoE+ (802.3at), споживання до 21 Вт

У локальній мережі маршрутизатор виконує функцію шлюзу до Інтернету. Порівняння технічних даних маршрутизаторів подано в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Порівняння апаратних конфігурацій маршрутизаторів

Характеристика/ Значення	MikroTik RB5009UG+S+IN	Cisco SB RV345P
1	2	3

Продовження таблиці 2.8

1	2	3
Стандарти та протоколи	IEEE 802.3, IEEE802.3u, IEEE802.3ab, TCP/IP, DHCP, ICMP, NAT, PPPoE, SNTP, HTTP, DNS, IPsec, OpenVPN, WireGuard, L2TP	
Порти	1× 2.5 GbE WAN/LAN, 7× GbE, 1× SFP+ (10 Гбіт/с)	2x GE WAN-порт, 8x GE порти LAN, 8x GE порти LAN PoE
Типи NAT	Src-NAT, Dst-NAT, Masquerade, Hairpin NAT, Port Forwarding, UPnP	
Контроль трафіку	Черги (queues), пріоритезація трафіку, обмеження смуги на базі IP, Simple/Tree Queues, Mangle-маркування	
Flash	1 ГБ (NAND)	256MB
DRAM	1 ГБ	512MB

Для мережі обрано маршрутизатор MikroTik RB5009UG+S+IN. Його вибір зумовлений високою продуктивністю, наявністю порту SFP+ (10 Гбіт/с) для з'єднання з центральним комутатором та операційною системою RouterOS із підтримкою VPN (IPsec, OpenVPN, WireGuard), брандмауера й гнучкої маршрутизації. Технічні характеристики обраного пристрою наведено в таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Технічні дані маршрутизатора MikroTik RB5009UG+S+IN

Параметри	Значення
1	2
Стандарти та протоколи	IEEE 802.3, IEEE802.3u, IEEE802.3ab, TCP/IP, DHCP, ICMP, NAT, PPPoE, SNTP, HTTP, DNS, IPsec, PPTP, L2TP
Інтерфейс	1× 2.5 GbE WAN/LAN, 7× гігабітних портів, 1× SFP+ (10 Гбіт/с)
Flash	1 ГБ (NAND)
DRAM	1 ГБ DDR4
Одночасні сесії	понад 1 000 000
NAT(iMIX)	2,5 Гбіт/с (апаратне прискорення)

Продовження таблиці 2.9

1	2
Захист від атак	Захист від атак TCP/UDP/ICMP Flood, Блокування сканування TCP (Stealth FIN/Xmas/Null), Блокування Ping-запитів з WAN
Фільтрування	Фільтр MAC адрес, Фільтр URL/ключових слів, Фільтр вмісту web-сторінок (Java, ActiveX, Cookies)
Інспекція ARP	Відправка пакетів GARP, ARP сканування через WAN/LAN, IP-MAC прив'язка
Контроль доступу	Source/Destination IP Based Access Control
Сервіс	PPPoE Сервер, E-Bulletin, Динамічні DNS (Dyndns, No-IP, Peanuthull, Comexe)
Обслуговування	Web-інтерфейс, Віддалене управління, Експорт та імпорт налаштувань, SNMP, Діагностичні опції (Ping та Traceroute), NTP синхронізація, Підтримка системного журналу
Управління на базі веб-інтерфейсу	Local User Authentication, Radius Sever Authentication, Onekey Online

Кількість обладнання та витратних матеріалів розраховано за обмірним планом приміщення (загальна площа 151,9 м², висота стелі 3,55 м) і фізичною конфігурацією мережі, що містить 17 робочих станцій, 5 точок доступу, 3 мережеві принтери та 2 сервери. Усі кабельні лінії заведено на патч-панель у серверній стійці, від якої комутатори доступу (SW2, SW3h, SW4h, SW5k, SW6) під'єднано до центрального комутатора-ядра. За кабельною відомістю (таблиця 2.11) налічується 36 трас; з урахуванням вертикальних спусків і 20 % технологічного запасу сумарна довжина горизонтальних ліній сягає близько 480 м, що при закупівлі бухтами по 305 м відповідає 610 м (2 бухти) кабелю UTP категорії 6. На кожному робочому місці та біля принтерів встановлюється keystone-розетка RJ-45 категорії 6 (20 шт.). У стійці застосовано патч-корди по

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		31

0,5 м (між патч-панеллю та комутаторами, 30 шт.) і по 1 м (від розеток до пристроїв, 25 шт.), а сервер-шлюз з'єднано з ядром оптичними патч-кордами SFP+ LC-LC (2 шт.). Магістральні траси прокладаються у пластиковому кабель-каналі 60×40 мм (40 м) та в гофрованій трубі ПВХ 20 мм (30 м) на ділянках прихованої прокладки. Зведений перелік обладнання наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Мережеве обладнання для побудови ЛОМ

№ п/п	Найменування матеріальних ресурсів	Од. вим.	Факт. витрачено матеріалів	Ціна одиниці, грн.
1	Центральний комутатор (ядро) MikroTik CRS326-24G-2S+RM	шт.	1	9500
2	Комутатор доступу PoE MikroTik CSS610-8P-2S+IN	шт.	5	3900
3	Точка доступу Wi-Fi 7 Ubiquiti UniFi U7 Pro	шт.	5	7500
4	Сервер-шлюз (S1) CWWK N14 1U, i3-N305, 16 ГБ, 256 ГБ (OPNsense)	шт.	1	18000
5	Файловий сервер (S2) NAS 2U, i3-N305, 32 ГБ, 512 ГБ + 2×4 ТБ	шт.	1	32000
6	Патч-панель 24 порти Cat6 keystone, 1U	шт.	1	1900
7	Серверна стійка 19" 12U	шт.	1	9000
8	ДБЖ APC Smart-UPS SMT750RM12U (750 ВА)	шт.	1	17000
9	Кабель Cat6 UTP (бухта 305 м)	бухта	2	3700
10	Розетка RJ-45 keystone Cat6	шт.	20	130
11	Патч-корд Cat6 UTP, 0,5 м	шт.	30	45
12	Патч-корд Cat6 UTP, 1 м	шт.	25	60
13	SFP+патч-корд LC-LC OM3,1 м	шт.	2	350
14	Кабель-канал (короб) 60×40 мм	м.	40	150
15	Кріплення AP стельове (U7 Pro Ceiling Mount)	шт.	5	250
16	Гофрована труба ПВХ 20 мм	м.	30	18

Таблиця 2.11 – Кабельна відомість локальної мережі (Cat6 UTP)

№	Траса / ділянка	Тип кабелю	Довжина +20%, м	Розетки RJ-45	VLAN
1	2	3	4	5	6
1	ISP → S1 (WAN)	Cat6 UTP	3,6	—	WAN
2	S1 LAN → SW4 (ядро)	SFP+ патч-корд	1,2	—	Trunk
3	SW4 → S2 (NAS)	Cat6 UTP	1,2	—	VLAN 10
4	SW4 → патч-панель (×24)	Cat6 патч-корди	1,2	24 порти	Trunk/Access
5	Серверна → SW6 (uplink)	Cat6 UTP	10,8	—	VLAN 20
6	SW6 → WS3	Cat6 UTP	3,6	1	VLAN 20
7	SW6 → WS4	Cat6 UTP	4,8	1	VLAN 20
8	SW6 → WS5	Cat6 UTP	3,6	1	VLAN 20
9	SW6 → WS6	Cat6 UTP	4,8	1	VLAN 20
10	SW6 → WS7	Cat6 UTP	6,0	1	VLAN 20
11	SW6 → PR1	Cat6 UTP	4,8	1	VLAN 20
12	SW6 → AP2 (стеля)	Cat6 UTP	6,0	—	VLAN 1/20
13	Серверна → SW4h (uplink)	Cat6 UTP	19,2	—	VLAN 30
14	SW4h → WS11	Cat6 UTP	3,6	1	VLAN 30
15	SW4h → WS12	Cat6 UTP	3,6	1	VLAN 30
16	SW4h → WS13	Cat6 UTP	4,8	1	VLAN 30
17	SW4h → WS14	Cat6 UTP	3,6	1	VLAN 30
18	SW4h → WS15	Cat6 UTP	4,8	1	VLAN 30
19	SW4h → WS16	Cat6 UTP	6,0	1	VLAN 30
20	SW4h → AP1 (стеля)	Cat6 UTP	7,2	—	VLAN 1/30
21	SW4h → AP (зона очікування)	Cat6 UTP	21,6	—	VLAN 40
22	Серверна → SW3h (uplink)	Cat6 UTP	13,2	—	VLAN 30
23	SW3h → WS7	Cat6 UTP	3,6	1	VLAN 30
24	SW3h → WS8	Cat6 UTP	3,6	1	VLAN 30
25	SW3h → WS9	Cat6 UTP	4,8	1	VLAN 30
26	SW3h → WS10	Cat6 UTP	4,8	1	VLAN 30
27	SW3h → AP3 (стеля)	Cat6 UTP	6,0	—	VLAN 1/30
28	SW3h → PR2	Cat6 UTP	3,6	1	VLAN 30
29	SW3h → PR3	Cat6 UTP	4,8	1	VLAN 30
30	Серверна → SW2 (uplink)	Cat6 UTP	4,8	—	VLAN 30
31	SW2 → WS1	Cat6 UTP	3,6	1	VLAN 30
32	SW2 → WS2	Cat6 UTP	3,6	1	VLAN 30

вища частота передавання, то ймовірніше, що неякісно змонтований кабель зіпсує роботу системи. Приміром, за смуги до 16 МГц і швидкості до 10 Мбіт/с (як у 10BASE-T) огріхи монтажу можуть і не проявитися, тоді як той самий кабель на смузі понад 50 МГц і швидкості від 100 Мбіт/с уже здатен працювати з помилками.

Якість передавання в компонентах СКС характеризують загасанням, перехідними завадами на ближньому кінці (NEXT), зворотними втратами та опором постійному струму. Кожен із цих параметрів реагує на порушення однорідності хвильового середовища — у точках термінування та там, де є дефекти. Найсильніше на NEXT впливають розплетення пари й інші чинники, що розбалансовують пару та зміщують імпеданс.

Неправильне термінування небезпечно не лише спотворенням сигналу: воно може дати ефект рамкової антени, коли рівень випромінюваного сигналу перевищує встановлені норми.

Як саме якість монтажу позначається на найчутливішому параметрі — NEXT — показано прикладами в таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Вплив якості монтажу на робочі характеристики каналу

Тип впливу	Погіршення NEXT
1	2
Повний канал, правильно встановлений	Еталон для порівняння
Кабель, вигнутий 1000 разів в межах допустимого радіуса	Без змін
Заміна патчкорду довжиною 0,6 м категорії 6 на патчкорд такої ж довжини категорії 3	8,0 дБ
Заміна патчкорду довжиною 0,6 м категорії 6 на патчкорд довжиною 6 м категорії 3	13,0 дБ
Згортання кабелю в бухту з довжиною витка 2 м і поперечним перерізом 5 см	Без змін
Жгутування кабелів за допомогою кабельних хомутів відповідно до правил монтажу	Без змін
Видалення 2,5 см оболонки кабелю на станційному кінці	1,2 дБ
Видалення 30 см оболонки кабелю на станційному кінці	2,0 дБ
Розвиток пар кабелю 1,2 см на станційному кінці	1,5 дБ

Продовження таблиці 2.12

1	2
Розвиток пар кабелю 5 см на станційному кінці	3,8 дБ
Скручування кабелю з радіусом вигину 3,5 см	1,9 дБ

Звернімося до особливостей монтажу неекранованої витої пари UTP категорії 6, обраної для СКС цієї локальної мережі:

- Довжина. Горизонтальний кабель не повинен перевищувати 90 метрів. Для робочих зон, а також сполучних кабелів і перемичок у телекомунікаційних шафах припустима довжина — до 10 метрів.

- Допустиме тягове зусилля. Чотирипарний горизонтальний кабель не можна тягнути із зусиллям понад 50 Н. Перетягнутий під час монтажу кабель деформується, і його електричні параметри погіршуються; якщо кабель пошкоджено, послаблення натягу зазвичай не рятує — доводиться його міняти.

- Мінімальний радіус вигину. Для чотирипарного кабелю він не менший за 8 діаметрів під час прокладання та 4 діаметри під час експлуатації. Завеликий згин деформує кабель і погіршує характеристики, причому розпрямленням це не виправити — пошкоджений кабель ліпше замінити. Радіус найчастіше порушують у двох точках. Перша — біля інформаційної розетки робочого місця, де надлишок кабелю після під'єднання нерідко лишаяють у стіновому виводі, подеколи змотаним у джгут; правильніше акуратно вивести залишок крізь вивід стіни або вкласти в короб, витримавши мінімальний радіус. Друга — монтажна шафа й ділянка до комутаційної панелі, де кабель часто надто щільно тиснеться до магістралі, лотка чи стійки; його варто вести плавно вздовж траси, без різких заломів і зміни напрямку.

- Монтаж за низьких температур. Нижня межа температури монтажу — 0 °С. Коли працювати доводиться в холоднішому середовищі, оболонка може потріскатися, тож радять: останню добу перед монтажем тримати кабель у теплі (понад 10 °С); виносити на майданчик лише запас на 4 години роботи, а решту повертати в тепло; намотувати кабель на котушки діаметром 25–30 см, оскільки

тісне намотування спричиняє тріщини. Розетки й панелі зазвичай ставлять уже після того, як майданчик огорожено та прогріто.

- Надмірне навантаження. Потрібно знімати навантаження, що виникає через розтягування підвішеного кабелю, закріплені мотки та неправильне прокладання. Опори кабелю радять розташовувати з кроком 120–150 см між центрами. Скручування під час монтажу неприпустиме: надмір скруту деформує кабель, а інколи й розриває оболонку. Понад вимоги ISO/IEC 11801 і TIA/EIA-568 виробник радить тримати кабель щонайменше за 15 см від джерел електромагнітних завад — люмінесцентних ламп та неекраниваних ліній живлення.

- Монтаж розеток і комутаційних панелей. Монтажникові слід знати інструкції виробника. У роботі з кабелем категорії 6 особливо важать правильний інструмент, належний стан кабелю та довжина розкрученої ділянки пари. Інформаційні розетки зазвичай марковано кольором за схемами T568A чи T568B; одне кодування пар треба витримувати протягом усього монтажу, інакше провідники перехрестяться. Для формування ліній і каналів розетки та панелі обладнано конекторами IDC, а потрібний інструмент виробник зазвичай указує. Варто пам'ятати: будь-яка ланка, замінена компонентом нижчої категорії, знижує категорію всього тракту. Для категорій 5e і 6 розкручена при під'єднанні ділянка пари не повинна перевищувати 1,5 см, бо інакше параметри погіршуються. Якщо ж зберегти цілісність оболонки аж до місця під'єднання, структура кабелю лишається стабільною, а NEXT не зростає під впливом сусідніх пар.

- Під'єднуючи кабель F/UTP, дотримуються тих самих рекомендацій. Додатково, щоб ефективно екранувати ділянку між кабелем і конектором, застосовують екран із тонкої фольги та заземлювальний дріт, неодмінно зважаючи на монтажні вказівки виробника.

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		37

2.5 Обґрунтування вибору програмного забезпечення

Робочі станції працюватимуть під операційною системою Windows 11 Pro. До її основних можливостей належать:

- відчутно вища швидкодія — пришвидшені завантаження та вимкнення, миттєве перемикання між сеансами й режимами роботи;
- вбудовані засоби керування системними ресурсами з оптимальним розподілом навантаження, захистом від несподіваних збоїв та зависань і прихованою від користувача автоматичною самодіагностикою;
- розумний пошук файлів та програм зі зручним поданням результатів, завдяки якому будь-який збережений об'єкт знаходиться без зусиль;
- батьківський контроль, що унеможливорює несанкціоноване користування та фільтрує небажаний вміст;
- гнучке налаштування системи під індивідуальні потреби користувача;
- автоматичне постачання драйверів через центр оновлень, що забезпечує сумісність із пристроями;
- повну внутрішню сумісність застосунків із вбудованими інструментами сумісності;
- зручне перенесення даних і параметрів зі старого ПК на новий.

Серед додаткових можливостей Windows 11 Pro:

- набір базових механізмів безпеки — захист ядра від несанкціонованих змін, посилений захист системних служб, заборона виконання коду з областей даних, протидія випадковому втручанню в структуру адресного простору та підтримка обов'язкових рівнів цілісності;
- збільшений час автономної роботи: система зменшує кількість фонових процесів, відстежує надмірне енергоспоживання, автоматично заощаджує живлення в простій, знижує яскравість дисплея й переходить у сплячий режим;
- інструменти для IT-фахівців — робота з командного рядка, підтримка сценаріїв WMI, а також засоби моніторингу й оцінки стабільності системи (RAC).

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		38

2.6 Обґрунтування вибору засобів захисту мережі

В операційній системі маршрутизатора передбачено вбудований брандмауер, що відсіює трафік за наперед заданими правилами. Фільтрація спирається на такі ознаки:

- IP-адресу відправника пакета;
- IP-адресу одержувача пакета;
- інтерфейс проходження пакета;
- тип протоколу;
- номер порту;
- додаткові параметри протоколу TCP.

Аналогічний брандмауер вбудовано й в операційну систему робочих станцій; його використано для блокування зайвого трафіку — складається список програм, яким дозволено обмінюватися даними з Інтернетом.

2.7 Тестування мережі

Для перевірки локальної мережі застосовують кілька засобів, докладно описаних у підрозділі 3.2 «Інструкція з використання тестових наборів та програм». Зокрема, стан кабельної інфраструктури перевіряють тестером LinkRunner Pro Network Multimeter (див. рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Тестер LinkRunner Pro Network Multimeter

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		39

Можливості цього приладу такі:

- робота на швидкостях 10/100/1000 Мбіт/с — визначення можливостей пристрою, підтвердження поточної швидкості та режиму дуплексу й діагностика несправностей у гігабітних мережах, що економить час фахівця;

- надсилання Ping до ключових вузлів — збирання статистики відгуку від DHCP, шлюза за замовчуванням, DNS-сервера та інших важливих пристроїв чи URL-адрес;

- виявлення портів за протоколами CDP/EDP/LLDP — визначення адреси, слота й порту найближчого комутатора (протоколи Cisco, Extreme та IEEE Link Layer Discovery), що за лічені секунди усуває проблеми зі швидкістю завдяки точній ідентифікації порту;

- перевірка розведення кабелю — тестування схеми з'єднання та вимірювання довжини, виявлення помилок монтажу, коротких замикань, розщеплених пар і обривів, а також визначення відстані до несправності рефлектометром, що дає змогу відкинути кабель як причину збоїв зв'язку;

- цифровий режим IntelliTone — безпечно й ефективно трасування витих пар в активних мережах, на комутаторах, патч-панелях і в розетках, що швидко ідентифікує потрібний кабель без тривалого пошуку навімання;

- документування — збереження результатів перевірки з'єднання, Ping, безпеки та кабелів безпосередньо у приладі з подальшим перенесенням на ПК через USB.

Окрім перелічених кроків, перед уведенням мережі в експлуатацію ретельно перевіряють налаштовані функції комутаторів і сервера.

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		40

3 СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Інструкції з налаштування програмного забезпечення серверів

3.1.1 Інструкції з налаштування сервера-шлюза S1 (Debian)

Роль маршрутизатора-шлюза виконує сервер S1, побудований на апаратній платформі CWWK N14 (процесор Intel i3-N305, 16 ГБ ОЗП, накопичувач 256 ГБ) під керуванням ОС Debian 12 (Bookworm). Він працює як граничний міжмережевий екран (edge firewall), виконує трансляцію адрес (NAT), фільтрацію DNS, термінування VPN-з'єднань (WireGuard) та виявлення вторгнень (IDS/IPS Suricata). Усе налаштування здійснюється з командного рядка через конфігураційні файли Debian, без графічного веб-інтерфейсу.

Сервер обладнано двома мережевими інтерфейсами: `enp1s0` з'єднано з мережею провайдера (WAN, адреса по DHCP), а `enp2s0` — із центральним комутатором CRS326 у режимі магістралі (trunk). Поверх фізичного `enp2s0` створено віртуальні VLAN-інтерфейси (`enp2s0.1`, `.20`, `.30`, `.40`, `.50`, `.100`), кожен з яких слугує шлюзом своєї підмережі (10.0.X.1/24). Параметри інтерфейсів і VLAN задано у файлі `/etc/network/interfaces`.

Міжмережевий екран і трансляцію адрес побудовано засобами `nftables` (`/etc/nftables.conf`). За основу взято принцип «усе, що явно не дозволено, заборонено» (policy drop): пропускаються лише потрібні потоки — SSH тільки з мережі керування, DNS для внутрішніх VLAN, DHCP та WireGuard. Маскарадинг (NAT) налаштовано на вихідному інтерфейсі `enp1s0`, а для маршрутизації увімкнено пересилання пакетів (`net.ipv4.ip_forward`).

За видачу IP-адрес у підмережах `software`, `hardware`, `guest` і керівництва відповідає служба `isc-dhcp-server` (`/etc/dhcp/dhcpd.conf`) з окремим діапазоном для кожної VLAN. Розв'язування та фільтрацію доменних імен виконує Unbound (`/etc/unbound/unbound.conf`): за розкладом (cron) завантажується блоклист небажаних доменів, а для гостьового сегмента діє жорсткіший режим фільтрації.

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		41

сервісу надано лише робочим станціям відділів software і hardware згідно з політикою ACL (таблиця 3.2).

Служба автентифікації та керування доступом. Доступ до спільних ресурсів і сервісів відбувається за обліковими записами з перевіркою пароля. Облікові записи Samba та Gitea ведуться централізовано, що дає змогу єдиними засобами керувати правами працівників.

Служба керування точками доступу. На сервері працює контролер UniFi Network, який централізовано адмініструє всі п'ять точок доступу Ubiquiti U7 Pro: задає бездротові мережі (SSID), частотні діапазони, прив'язку SSID до VLAN, параметри захисту WPA2/WPA3 і збирає статистику роботи бездротового сегмента.

Служба мережевого друку. Доступ до принтерів (PR_1–PR_3) організовано через сервер друку, що дає змогу відділам спільно користуватися друкувальними пристроями з розмежуванням за підмережами.

Служба резервного копіювання. Дзеркальний масив RAID-1 із двох дисків по 4 ТБ забезпечує відмовостійкість: у разі відмови одного диска дані залишаються на другому. Додатково передбачено періодичне резервне копіювання критичних даних і конфігурацій мережевого обладнання.

Отже, сервер S2 поєднує функції файлового сервера, сервера контролю версій, контролера бездротової мережі, сервера друку та автентифікації, повністю задовольняючи потреби Lytrox Solutions у централізованих мережевих службах.

Повні конфігураційні файли та команди налаштування служб сервера S2 (мережа, масив RAID-1, Samba, Gitea, контролер UniFi, резервне копіювання) подано в Додатку Б (п. Б.5).

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		43

3.2 Інструкції з налаштування активного комутаційного обладнання

3.2.1 Інструкції з налаштування точок доступу Ubiquiti U7 Pro

Налаштування виконується з такими параметрами:

1. Адреса гостьової підмережі – 10.0.40.0.
2. Маска підмережі - 255.255.255.0.
3. Шлюз – 10.0.40.1.
4. DNS – 8.8.8.8.
5. Ім'я безпроводного сегменту мережі (SSID) – Lytrox-Office (та гостьовий Lytrox-Guest).
6. Робочі діапазони – 2,4 ГГц та 5 ГГц (Wi-Fi 6/7, автоматичний вибір каналу).

Налаштувати за зразком показаним на рисунку 3.1 та рисунку 3.2.

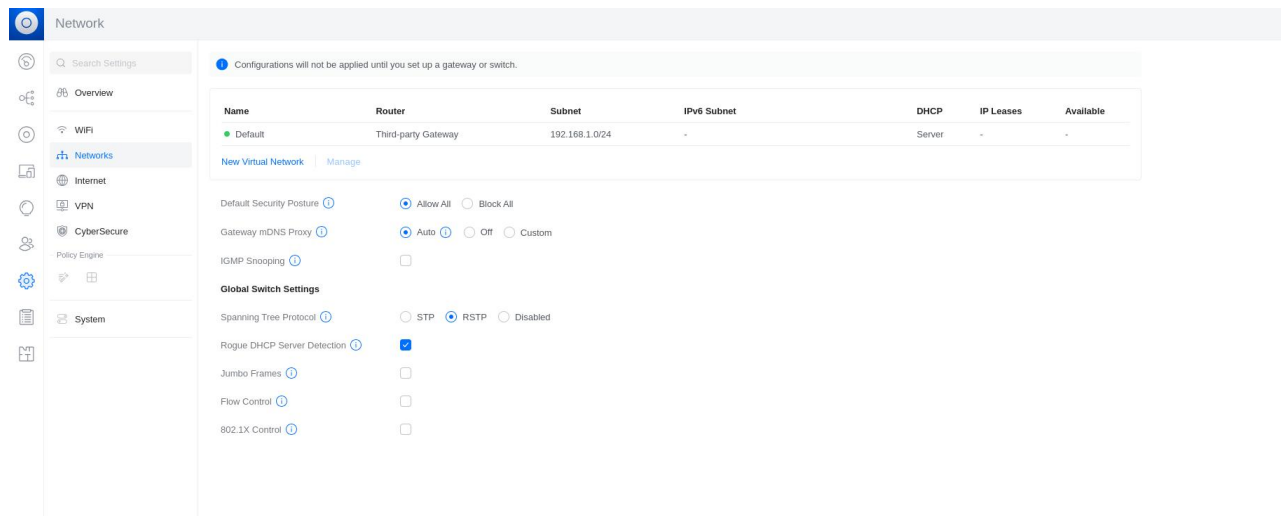


Рисунок 3.1 – Інтерфейс для підключення до локальної мережі

Розглянемо як створити VLAN з заданим ім'ям і ідентифікатором. Зазначені порти `ports`, `taggedports` і `untaggedports` стають членами цього VLANу. Номери портів перераховуються через кому.

Приклад:

```
create vlan = Sales vid = 3 ports = 4-8,12-16 frame = untagged
```

```
create vlan = Sales vid = 3 untaggedports = 4-8,12-16
```

(обидві команди рівнозначні).

Розглянемо додавання портів до VLAN.

```
add vlan = name [vid = vid] ports = ports | all frame = untagged | tagged
```

```
add vlan = name [vid = vid] taggedports = ports | all untaggedports = ports | all
```

Перелічені порти `ports`, `taggedports` і `untaggedports` стають членами цієї VLAN. Номери портів подають через кому; допускаються інтервали.

Приклад:

```
add vlan = Sales vid = 3 ports = 4-8,12-16 frame = untagged
```

```
add vlan = Sales vid = 3 untaggedports = 4-8,12-16
```

(обидві команди рівнозначні).

Розглянемо вилучення портів із VLAN:

```
delete vlan = name [vid = vid] [type = port] ports = ports | all frame = untagged  
| tagged
```

```
delete vlan = name [vid = vid] [type = port] taggedports = ports | all  
untaggedports = ports | all
```

Вилучити зазначені порти з VLAN. Untagged-порт під час вилучення переводиться в Default_VLAN, а при вилученні з Default_VLAN — узагалі видаляється з усіх VLAN.

Видалення VLAN виконують командою:

```
destroy vlan = name | vid | all
```

Перегляд параметрів налаштування:

```
show vlan = [name | vid]
```

Показати дані VLAN за ідентифікатором `id` або ім'ям `name`:

Configured — порти, додані до VLAN під час налаштування;

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		46

Actual — порти, фактично присутні у VLAN.

Дані для конфігурування віртуальних мереж беруть із таблиці IP-адрес. Маршрутизацію вмикають командою `enable ip`, після чого задають параметри IP-інтерфейсів комутатора.

Повний набір команд для конфігурування портів VLAN (стандарт IEEE 802.1q) та віртуальних інтерфейсів центрального комутатора наведено в Додатку Б (п. Б.1).

3.2.3 Інструкції з налаштування комутаторів робочих груп

Розглянемо приклад налаштування комутатора SW_6 (MikroTik CSS610); для решти комутаторів застосовують ті самі принципи. Налаштування складається з трьох етапів: створення потрібної VLAN; переведення одного з портів у режим trunk для передавання мічених пакетів на центральний комутатор; включення портів, до яких під'єднано робочі станції, у відповідну VLAN (режим access). Повний консольний скрипт RouterOS для комутатора доступу SW_6 наведено в Додатку Б (п. Б.2).

3.2.4 Налаштування статичної маршрутизації між підмережами

Оскільки локальну мережу поділено на сім віртуальних мереж (VLAN), для обміну даними між підмережами потрібна маршрутизація третього рівня моделі OSI. Її виконує центральний комутатор MikroTik CRS326-24G-2S+RM, на якому для кожної VLAN створено віртуальний інтерфейс зі шлюзовою IP-адресою (наприклад, 10.0.20.1 для VLAN 20). Робочі станції підмережі використовують відповідну адресу шлюза як основний маршрут за замовчуванням.

Між безпосередньо приєднаними підмережами (10.0.0.0/24 ... 10.0.100.0/24) маршрутизація відбувається автоматично завдяки connected-маршрутам, що з'являються після призначення IP-адрес віртуальним інтерфейсам. Для виходу в зовнішню мережу на центральному комутаторі

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		47

задають статичний маршрут за замовчуванням, який спрямовує весь невідомий трафік на сервер-шлюз S1 (10.0.0.254) з функціями NAT та міжмережевого екрана:

```
/ip route add dst-address=0.0.0.0/0 gateway=10.0.0.254
```

Зведену таблицю маршрутизації центрального комутатора подано в таблиці 3.1, де зазначено мережі призначення, тип маршруту (connected — безпосередньо приєднана підмережа, static — статичний), адресу шлюза та вихідний інтерфейс.

Таблиця 3.1– Таблиця маршрутизації центрального комутатора SW_4

Мережа призначення	Тип маршруту	Шлюз	Інтерфейс	VLAN
10.0.0.0/24	connected	–	vlan1	1 (Management)
10.0.10.0/24	connected	–	vlan10	10 (Servers)
10.0.20.0/24	connected	–	vlan20	20 (Software)
10.0.30.0/24	connected	–	vlan30	30 (Hardware)
10.0.40.0/24	connected	–	vlan40	40 (Guest/IoT)
10.0.50.0/24	connected	–	vlan50	50 (Керівництво)
10.0.100.0/24	connected	–	vlan100	100 (WireGuard)
0.0.0.0/0	static	10.0.0.254	vlan1	→ S1 (Інтернет)

Отже, усі сім підмереж взаємно досяжні через центральний комутатор, а доступ до зовнішньої мережі контролює сервер-шлюз S1. Така схема маршрутизації забезпечує логічний поділ трафіку відділів і водночас централізоване керування міжмережевою взаємодією.

3.2.5 Налаштування списків контролю доступу (ACL)

Список контролю доступу (Access Control List, ACL) — це впорядкований набір правил, що визначає, який мережевий трафік дозволено чи заборонено під час проходження між підмережами. У спроектованій мережі ACL застосовано на центральному комутаторі та сервері-шлюзі S1 для розмежування доступу між VLAN відповідно до політики безпеки Lytrox Solutions. Кожне правило перевіряє адресу джерела, адресу призначення, протокол і порт та виконує дію асепт (дозволити) або drop (заборонити).

Розмежування доступу побудовано за принципом найменших привілеїв: міжмережевий трафік за замовчуванням заборонено, дозволено лише потрібні для роботи потоки. Зокрема, гостьовий сегмент (VLAN 40) повністю ізольовано від внутрішніх підмереж і залишено йому лише доступ до Інтернету; відділи software (VLAN 20) і hardware (VLAN 30) мають доступ до файлового сервера S2 (VLAN 10), але не одна до одної; сегмент керівництва (VLAN 50) має розширений доступ до всіх внутрішніх ресурсів. Основні правила ACL подано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Список контролю доступу (ACL) між підмережами

№	Джерело	Призначення	Протокол / порт	Дія
1	2	3	4	5
1	VLAN 50 (Керівництво)	будь-яка внутрішня	усі	асепт
2	VLAN 20 (Software)	VLAN 10 (S2, Samba/Git)	TCP 139,445,22,3000	асепт
3	VLAN 30 (Hardware)	VLAN 10 (S2, Samba)	TCP 139,445	асепт
4	VLAN 20 (Software)	VLAN 30 (Hardware)	усі	drop

Тестування мережі проходить у два етапи: перевірка фізичних сегментів кабельним тестером і перевірка програмними засобами за допомогою утиліт ping, ipconfig, netstat операційної системи.

Команда ping надсилає запит на робочу станцію, доступність якої перевіряється, і очікує від неї відповіді.

Якщо все справно й станція фізично доступна, у відповідь надходить пакет та час, витрачений на його отримання. У нашому випадку час відповіді не перевищує 6 мілісекунд.

Відповідь «Request timed out» (перевищено час очікування) може означати таке:

1. мережа не працює;
2. помилково вказано іншу адресу;
3. час надходження пакета-відповіді перевищує допустимі 750 мілісекунд;
4. робочу станцію, доступність якої перевіряється, вимкнено.

Щоб перевірити працездатність усієї мережі, потрібно переконатися в доступності всіх її робочих станцій.

3.3 Інструкція з експлуатації та моніторингу в мережі

Здебільшого локальна мережа працює без труднощів, коли всі пристрої з'єднано правильно, а комп'ютери користувачів і сервери налаштовано коректно. Однак подеколи виникають збої, причому виявляються вони не завжди як явні помилки — частіше як поступове падіння продуктивності мережі.

З огляду на це тестування, діагностика та профілактика є ключовими складниками експлуатації локальної мережі.

Усі проблеми, що супроводжують роботу мережі, прийнято зводити до чотирьох основних груп:

- несправності кабельної системи;
- перевантаження мережі;
- некоректна робота мережевих протоколів;

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		51

- помилки програмного забезпечення.

До несправностей кабельної системи призводить вихід з ладу мережевого обладнання (мережевих карт, комутаторів тощо) або пошкодження кабелю та роз'ємів. Такі поломки виявити легко: найтипівіші з них — відсутність контакту в роз'ємах і коротке замикання — діагностують навіть найпростішим мережевим тестером.

Якщо є підозра на пошкодження кабелю, його перевіряють спеціальним кабельним тестером. Складніше дається пошук плаваючих помилок від поганого контакту в з'єднувачах, однак за уважного підходу той самий тестер допомагає знайти і їх.

Причина перевантажень — нездатність мережевого пристрою впоратися з усім потоком запитів, що до нього надходять.

Найважче діагностувати саме збої та перевантаження разом із зумовленою ними нестабільною роботою протоколів: вони нерегулярні й дають про себе знати лише під час пікових навантажень.

Для їх виявлення аналізують схему мережі, шукаючи проблемні ділянки. Найчастіше це сегменти зі швидкістю 10 Мбіт/с та некоректно налаштовані маршрутизатори й комутатори. Найдієвіший прийом — по чергово вимикати станції, концентратори й кабельні траси, паралельно перевіряючи, як прокладено лінії заземлення робочих станцій і серверів (надто у мережах 10Base2).

Через помилки мережевих протоколів пристрої не можуть обмінюватися даними — чи то через збій мережевих драйверів, чи через те, що мережа не опрацьовує пакети певного протоколу.

Аналізатором протоколів називають комп'ютер зі спеціальним ПЗ, що перехоплює, декодує та досліджує пакети в мережі. Завдяки фільтрам він видає докладні дані про протоколи, тривалість проходження пакетів і адреси обох сторін обміну.

Втім, такі засоби мають вагомий мінус — дороге ПЗ та потребу в ґрунтовному знанні протоколів, тому до них вдаються як до експертного інструмента, коли решта методів діагностики вже не дала результату.

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		52

Збої програмного забезпечення часто є наслідком хибних налаштувань. Ускладнює ситуацію те, що одні помилки здатні приховувати інші, інколи небезпечніші, тож їх діагностика та усунення подеколи перетворюються на доволі складне завдання.

Коли помилки виникають хаотично й не залежать від дій користувачів, варто кабельним тестером заміряти рівень шумів у кабелі, а також перевірити, чи не прокладено його поряд із потужними джерелами електромагнітного випромінювання — високовольтними лініями, лампами, копіювальними апаратами.

Для апаратного тестування потрібне коштовне обладнання — мережеві тестери та аналізатори протоколів; без них не обійтися, якщо велику локальну мережу треба контролювати постійно.

За своїми можливостями мережеві тестери стоять між кабельними тестерами та аналізаторами протоколів: вони знімають чимало показників — пікову й середню завантаженість, частку широкомовлення, кількість колізій та збої протоколів верхніх рівнів.

Деякі мережеві тестери вміють зберігати результати для подальшого розбору в спеціальних програмах, а щоб аналіз був повнішим, зібрані дані фільтрують за окремими ознаками — протоколами та/або типами помилок.

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		53

4 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Метою економічної частини кваліфікаційної роботи є здійснення економічних розрахунків, спрямованих на визначення економічної ефективності розробки проекту комп'ютерної мережі для Lytrox Solutions і прийняття рішення про її подальше впровадження в роботу.

4.1 Визначення стадій технологічного процесу та загальної тривалості проведення НДР

Для визначення загальної тривалості проведення НДР доцільно дані витрат часу по окремих операціях технологічного процесу звести у таблицю. Виконавцями стадій технологічного процесу будуть: керівник проекту, інженер, технік. В таблиці 4.1 наводяться стадії технологічного процесу та середній час їх виконання.

Таблиця 4.1 – Середній час виконання НДР та стадії технологічного процесу

№ п/п	Назва операції	Виконавець	Середній час виконання операції, год.
1	Передпроектне обстеження об'єкта	керівник проекту	4
2	Проектування мережі	інженер	24
3	Вибір необхідного мережевого обладнання	керівник проекту	6
4	Монтаж мережі	технік	24
5	Тестування мережі	інженер	4
6	Здача проекту в експлуатацію	керівник проекту	2
Разом			64

Загальний час виконання операцій технологічного процесу, які будуть виконуватись для проектування локальної мережі для Lytrox Solutions, становить 64 години.

4.2 Визначення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи

Оплата праці – грошовий вираз вартості і ціни робочої сили, який виступає у формі будь-якого заробітку, виплаченого власником підприємства працівникові за виконану роботу.

Заробітна плата працівника залежить від кінцевих результатів роботи підприємства, регулюється податками і максимальними розмірами не обмежується.

Основна заробітна плата розраховується за формулою 4.1:

$$Z_{осн} = T_c \cdot K_g, \quad (4.1)$$

де T_c – тарифна ставка, грн.; K_g – кількість відпрацьованих годин.

Основна заробітна плата становить:

1. Керівник проекту: $Z_{осн1} = 300 \cdot 12 = 3600$ грн.;
2. Інженер: $Z_{осн2} = 220 \cdot 28 = 6160$ грн.;
3. Технік: $Z_{осн3} = 120 \cdot 24 = 2880$ грн.

Сумарна основна заробітна плата становить:

$$Z_{осн} = 3600 + 6160 + 2880 = 12640 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата становить 10–15 % від суми основної заробітної плати та обчислюється за формулою 4.2:

$$Z_{дод} = Z_{осн} \cdot K_{допл}, \quad (4.2)$$

де $K_{допл}$ – коефіцієнт додаткових виплат працівникам: 0,1–0,15.

Отже, додаткова заробітна плата по категоріях працівників становить:

1. Керівник проекту: $Z_{дод1} = 3600 \cdot 0,13 = 468$ грн.;
2. Інженер: $Z_{дод2} = 6160 \cdot 0,13 = 800,80$ грн.;
3. Технік: $Z_{дод3} = 2880 \cdot 0,13 = 374,40$ грн.

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		55

Сумарна додаткова заробітна плата становить:

$$\text{Здод} = 468 + 800,80 + 374,40 = 1643,20 \text{ грн.}$$

Звідси загальні витрати на оплату праці (Во.п.) визначаються за формулою 4.3:

$$\text{Во.п.} = \text{Зосн} + \text{Здод} , \quad (4.3)$$

$$\text{Во.п.} = 12640 + 1643,20 = 14283,20 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні заходи становлять 22 %. Отже, сума відрахувань на соціальні заходи буде обчислюватися за формулою 4.4:

$$\text{Вс.з.} = \text{ФОП} \cdot 0,22 , \quad (4.4)$$

де ФОП – фонд оплати праці, грн.

$$\text{Вс.з.} = 14283,20 \cdot 0,22 = 3142,30 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки витрат на оплату праці зведемо у таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Зведені розрахунки витрат на оплату праці

№ п/п	Категорія працівників	Тариф. ставка, грн.	К-сть відпр. год.	Факт. нарах. з/пл., грн.	Додатк. зароб. плата, грн.	Нарахув. на ФОП, грн.	Всього витрати на оплату праці, грн.
1	Керівник проекту	300	12	3600	468	-	-
2	Інженер	220	28	6160	800,80	-	-
3	Технік	120	24	2880	374,40	-	-
Разом				12640	1643,20	3142,30	17425,50

Загальні витрати на оплату праці становлять 17425,50 грн.

4.3 Розрахунок матеріальних витрат

4.4

Матеріальні витрати визначаються за формулою 4.5 як добуток кількості витрачених матеріалів та їх ціни:

$$\text{Мв} = q_i \cdot p_i , \quad (4.5)$$

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		56

де q_i – кількість витраченого матеріалу i -го виду; p_i – ціна матеріалу i -го виду.

Звідси, загальні матеріальні витрати можна визначити за формулою 4.6:

$$MB = \sum M_{vi} , \quad (4.6)$$

Проведені розрахунки занесемо у таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Зведені розрахунки матеріальних витрат

Обладнання	Од. вим.	Фактично витрачено	Ціна одиниці, грн.	Загальна сума, грн.
1	2	3	4	5
Комутатор MikroTik CRS326-24G-2S+RM	шт.	1	9500	9500
Комутатор MikroTik CSS610-8P-2S+IN	шт.	5	3900	19500
Точка доступу Ubiquiti UniFi U7 Pro	шт.	5	7500	37500
Сервер-шлюз CWWK N14 (OPNsense)	шт.	1	18000	18000
Файловий сервер NAS 2U	шт.	1	32000	32000
Патч-панель 24 порти Cat6 keystone	шт.	1	1900	1900
Серверна стійка 19" 12U	шт.	1	9000	9000
ДБЖ APC Smart-UPS SMT750RMI2U	шт.	1	17000	17000
Кабель Cat6 UTP (бухта 305 м)	бухта	2	3700	7400
Розетка RJ-45 keystone Cat6	шт.	20	130	2600

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4	5
Патч-корд Cat6 0,5 м	шт.	30	45	1350
Патч-корд Cat6 1 м	шт.	25	60	1500
SFP+ патч- корд LC-LC OM3 1 м	шт.	2	350	700
Кабель-канал 60×40 мм	м.	40	150	6000
Кріплення AP стельове U7 Pro	шт.	5	250	1250
Гофрована труба ПВХ 20 мм	м.	30	18	540
Разом				165740

Загальна сума матеріальних витрат становить 165740 грн.

4.4 Розрахунок витрат на електроенергію

Затрати на електроенергію одиниці обладнання визначаються за формулою 4.7:

$$Z_e = W \cdot T \cdot S, \quad (4.7)$$

де W – необхідна потужність, кВт; T – кількість годин роботи обладнання; S – вартість кіловат-години електроенергії.

Час роботи ПК над даним проектом становить 34 години, споживана потужність – 0,7 кВт/год., вартість 1 кВт електроенергії – 15,94 грн. Тому витрати на електроенергію будуть становити:

$$Z_e = 0,7 \cdot 34 \cdot 15,94 = 379,37 \text{ грн.}$$

4.5 Визначення транспортних затрат

Транспортні витрати слід прогнозувати у розмірі 8–10 % від загальної суми матеріальних затрат. Транспортні витрати розраховуються за формулою 4.8:

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$ТВ = МВ \cdot 0,08 , \quad (4.8)$$

де ТВ – транспортні витрати.

Отже, транспортні витрати будуть становити:

$$ТВ = 165740 \cdot 0,08 = 13259,20 \text{ грн.}$$

4.6 Розрахунок суми амортизаційних відрахувань

Комп'ютери та оргтехніка належать до четвертої групи основних фондів. Мінімально допустимі строки їх використання 2 роки. Для визначення амортизаційних відрахувань застосовуємо формулу 4.9:

$$A = (БВ \cdot НА \cdot Т) / (100 \cdot Тр) , \quad (4.9)$$

де А – амортизаційні відрахування за звітний період, грн.; БВ – балансова вартість групи основних фондів на початок звітного періоду, грн.; НА – норма амортизації, %; Т – кількість годин роботи обладнання, год.

Враховуючи, що ПК використовується при роботі над даним проектом 34 год., балансова вартість ПК – 38000 грн., тому:

$$A = \frac{38000 \cdot 0,04}{150} \cdot 34 = 344,53 \text{ грн}$$

4.7 Обчислення накладних витрат

Накладні витрати – це витрати, не пов'язані безпосередньо з технологічним процесом виготовлення продукції, а утворюються під впливом певних умов роботи по організації, управлінню та обслуговуванню виробництва.

В залежності від організаційно-правової форми діяльності господарюючого суб'єкта, накладні витрати можуть становити 20–60 % від суми основної та додаткової заробітної плати працівників, обчислюються за формулою 4.10:

$$НВ = Во.п. \cdot 0,3 , \quad (4.10)$$

де НВ – накладні витрати.

$$НВ = 14283,20 \cdot 0,3 = 4284,96 \text{ грн.}$$

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		59

4.8 Складання кошторису витрат та визначення собівартості НДР

Кошторис витрат являє собою зведений план усіх витрат підприємства на майбутній період виробничо-фінансової діяльності.

Результати проведених вище розрахунків зведемо у таблиці 4.4, де зазначено наступні види витрат: витрати на оплату праці, відрахування на соціальні заходи, матеріальні витрати, витрати на електроенергію, транспортні витрати, амортизаційні відрахування, накладні витрати.

Таблиця 4.4 – Кошторис витрат НДР

Зміст витрат	Сума, грн.	У % до загальної суми
Витрати на оплату праці	14283,20	7,09
Відрахування на соціальні заходи	3142,30	1,56
Матеріальні витрати	165740,00	82,28
Витрати на електроенергію	379,37	0,19
Транспортні витрати	13259,20	6,58
Амортизаційні відрахування	344,53	0,17
Накладні витрати	4284,96	2,13
Собівартість	201433,56	100

Собівартість (Св) НДР розраховуємо за формулою 4.11:

$$Св = Во.п. + Вс.з. + МВ + Зе + ТВ + А + НВ , \quad (4.11)$$

Собівартість дорівнює Св = 201433,56 грн.

4.9 Розрахунок ціни НДР

Ціну НДР можна визначити за формулою 4.12:

$$Ц = Св \cdot (1 + Ррен) \cdot (1 + ПДВ) , \quad (4.12)$$

де Ррен. – рівень рентабельності; ПДВ – ставка податку на додану вартість.

$$Ц = 201433,56 \cdot (1 + 0,3) \cdot (1 + 0,2) = 314236,35 \text{ грн.}$$

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		60

Загальна вартість розробленої мережі для Lytrox Solutions становить 314236,35 грн. Термін окупності становить 2,7 роки.

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		62

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності. Дотримання вимог охорони праці є обов'язковим під час проектування, монтажу та експлуатації комп'ютерної мережі.

5.1 Заходи з підвищення продуктивності праці та збереження здоров'я працюючих на підприємстві ТОВ «Lytrox Solutions»

Діяльність працівників ТОВ «Lytrox Solutions» (розробка програмного забезпечення, проектування вбудованих систем, адміністрування мережі) пов'язана з тривалою роботою за персональними комп'ютерами, тому продуктивність праці безпосередньо залежить від умов на робочих місцях. Організація робочих місць здійснюється відповідно до НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями».

Ергономічні заходи передбачають: розташування екрана монітора на відстані 600–700 мм від очей користувача, висоту робочої поверхні столу в межах 680–800 мм, підйомно-поворотні крісла з регулюванням висоти та кута нахилу спинки. Освітленість робочої поверхні підтримується на рівні 300–500 лк із поєднанням природного та штучного освітлення без відблисків на екранах. Системи вентиляції та кондиціонування забезпечують оптимальний мікроклімат (температура 22–24 °С, відносна вологість 40–60 %), що знижує втомлюваність і кількість помилок у роботі.

Рациональний режим праці та відпочинку включає регламентовані перерви по 10–15 хвилин через кожну годину інтенсивної роботи за екраном, чергування видів діяльності (кодування, тестування, документування), а також

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		63

виробничу гімнастику для зняття статичного напруження м'язів та зорового стомлення. Сумарна тривалість роботи з екранними пристроями обмежується відповідно до санітарних норм.

До організаційних заходів належать: проведення вступних і періодичних інструктажів з охорони праці, періодичні медичні огляди працівників, забезпечення справним обладнанням і меблями, а також автоматизація рутинних операцій – зокрема, централізований моніторинг мережі та серверів знижує навантаження на адміністратора і дозволяє запобігати аваріям замість їх усунення. У сукупності ці заходи зменшують виробничі ризики, зберігають здоров'я персоналу та підвищують продуктивність праці на підприємстві.

Окрему увагу приділено профілактиці професійних захворювань, характерних для працівників ІТ-сфери. Тривала робота за екраном спричиняє зорове перевтомлення, тож рекомендовано застосовувати правило «20–20–20» (кожні 20 хвилин відводити погляд на 20 секунд на об'єкт, віддалений приблизно на 6 метрів), а монітори обладнувати матовим антивідблисковим покриттям. Для запобігання тунельному синдрому та захворюванням опорно-рухового апарату робочі місця оснащують ергономічними клавіатурами, підставками під зап'ястя й опорами для ніг. Психофізіологічне розвантаження персоналу забезпечують облаштуванням кімнати відпочинку та раціональним плануванням робочого дня, що знижує рівень стресу й емоційного вигорання.

5.2 Проектування систем раннього виявлення пожежі в приміщеннях з активним мережевим обладнанням

Серверне приміщення ТОВ «Lytrix Solutions», у якому розміщено активне мережеве обладнання (комутатори MikroTik, сервери S1 і S2, джерела безперебійного живлення), характеризується підвищеною пожежною небезпекою: висока щільність електрообладнання, цілодобовий режим роботи, значна кількість кабельних трас і горючої ізоляції. Системи протипожежного захисту проектується відповідно до ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» та Правил пожежної безпеки в Україні.

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		64

Для раннього виявлення загоряння в серверному приміщенні передбачено адресну систему пожежної сигналізації: точкові оптико-електронні димові сповіщувачі встановлюються під стелею приміщення та в запотолочному просторі, де проходять кабельні траси, а тепловий максимально-диференційний сповіщувач – безпосередньо над монтажною шафою. Адресна технологія дозволяє точно визначити місце спрацювання, що критично для швидкої локалізації осередку в приміщенні з обладнанням.

Сигнал від приймально-контрольного приладу виводиться на пост охорони та дублюється повідомленням системному адміністратору засобами системи моніторингу мережі. У разі спрацювання двох сповіщувачів передбачено автоматичне вимкнення припливно-витяжної вентиляції та кондиціонування серверної, що запобігає роздмухуванню осередку та поширенню диму до сусідніх приміщень.

Для гасіння в серверному приміщенні застосовується автоматична система газового пожежогасіння з вогнегасною речовиною, безпечною для електронного обладнання, – на відміну від водяних систем, вона не пошкоджує сервери та комутатори. Як первинні засоби пожежогасіння в офісних приміщеннях і серверній розміщуються вуглекислотні вогнегасники, придатні для гасіння електроустановок під напругою.

Додатково джерела безперебійного живлення забезпечують коректне завершення роботи серверів у разі аварійного знеструмлення, що знижує ризик виникнення пожежонебезпечних режимів. В офісі розроблено план евакуації, шляхи евакуації утримуються вільними, а персонал проходить періодичні протипожежні інструктажі.

Працездатність системи пожежної сигналізації підтримується регулярним технічним обслуговуванням: періодичною перевіркою сповіщувачів, тестуванням ліній зв'язку та контролем заряду резервних акумуляторів приймально-контрольного приладу. Персонал підприємства проходить навчання правилам поведінки під час пожежі та практичні тренування з евакуації. У серверному приміщенні запроваджено заборону на зберігання горючих

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		65

матеріалів і застосування відкритого вогню, а кабельні проходи крізь стіни та перекриття ущільнюються негорючими матеріалами, щоб запобігти поширенню вогню й диму між приміщеннями.

5.3 Організація безпечного монтажу слабкострумових ліній та телекомунікаційного обладнання в ТОВ «Lytrux Solutions»

Монтаж структурованої кабельної системи офісу ТОВ «Lytrux Solutions» (кабель F/UTP кат. 6, патч-панелі, настінна монтажна шафа ProLine 18U) виконується відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) та стандарту ТІА/EIA-568. До монтажних робіт допускаються працівники, які пройшли навчання та інструктаж з охорони праці, а роботи на висоті (прокладання трас за підвісною стелею, кріплення кабельних каналів) виконуються лише зі справних драбин або риштувань із дотриманням вимог безпеки.

Слабкострумові лінії прокладаються окремо від силових: у самостійних кабельних каналах або лотках, а в разі паралельного прокладання – на відстані не менше 0,3–0,5 м від ліній електроживлення; перетин силових і слабкострумових трас виконується під кутом 90°. Застосований екранований кабель F/UTP додатково знижує вплив електромагнітних завад на передавання даних. Забороняється прокладати інформаційні кабелі в одному лотку із силовими без розділювальної перегородки, а також допускати натяг і злами кабелю менше допустимого радіуса згину.

Під час монтажу та комутації обладнання дотримуються вимог електробезпеки: роботи в монтажній шафі виконуються після знеструмлення, з перевіркою відсутності напруги; корпус шафи, патч-панелі та активне обладнання заземлюються; використовується інструмент з ізольованими ручками. Живлення PoE на порти комутаторів для точок доступу подається лише після завершення комутації відповідних ліній. Після завершення монтажу всі траси перевіряються кабельним тестером, а результати заносяться до кабельної відомості.

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		66

Працівники, задіяні в монтажних роботах, забезпечуються засобами індивідуального захисту — захисними рукавицями, окулярами та спецодягом, а під час робіт із пилоутворенням (свердління стін, прокладання трас) застосовуються респіратори. Усі прокладені лінії та порти обладнання маркуються згідно з кабельною відомістю, що спрощує подальше обслуговування й унеможлиблює помилкові комутації. Після введення мережі в експлуатацію складається виконавча документація, а працівники, які обслуговуватимуть обладнання, ознайомлюються з правилами його безпечної експлуатації під підпис.

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		67

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблено проект локальної мережі для офісу компанії Lytrox Solutions. Основні технічні характеристики розробленого проекту локальної мережі:

- Фізична топологія – Гібридна;
- Технології побудови провідного та безпроводного сегментів мережі – IEEE 802.3ab, IEEE 802.11n, IEEE 802.11ac, IEEE 802.1Q;
- Маршрутизатор-шлюз – MikroTik RB5009UG+S+IN;
- Комутатор ядра локальної мережі – MikroTik CRS326-24G-2S+RM;
- Стек протоколів локальної мережі – TCP/IP версії 4.

У кваліфікаційній роботі спроектовано логічну та фізичну топологію мережі. Підібрано відповідне апаратне та програмне забезпечення. При виборі апаратного забезпечення (активного) враховано можливість масштабування локальної мережі в майбутньому.

Описано процедуру налаштування активного комутаційного обладнання. Розроблено інструкцію з тестування та налагодження мережі.

Логічна та фізична топології локальної мережі подано в графічній частині.

В економічній частині зроблено розрахунком повної вартості робіт по проектуванню, встановленню і запуску в експлуатацію мережі.

Останній розділ роботи описує питання охорони праці, та техніки безпеки.

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		68

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Адміністрування комп'ютерних систем і мереж : навч. посіб. Львів : Магнолія 2006, 2021. 270 с.
2. Буров Є. В., Митник М. М. Комп'ютерні мережі. Том 1 : підручник. Львів : Магнолія 2006, 2021. 340 с. ISBN 978-617-574-121-4.
3. Бурячок В. Л., Толубко В. Б., Хорошко В. О., Толюпа С. В. Інформаційна та кібербезпека: соціотехнічний аспект : підручник. Львів : Магнолія 2006, 2024. 320 с. ISBN 978-617-574-126-9.
4. Кулаков Ю. О. Комп'ютерні мережі : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістра. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 250 с.
5. Курепін В. М., Марченко Д. Д., Курепін Д. В. Охорона праці в галузі : навч. посіб. Миколаїв : МНАУ, 2023. 586 с.
6. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 1 : навч. посіб. Львів : Магнолія 2006, 2013. 256 с. ISBN 978-617-574-087-3.
7. Таненбаум Е. С., Фімстер Н., Везеролл Д. Комп'ютерні мережі. Харків : Фабула, 2023. 992 с.
8. Odom W. CCNA 200-301 Official Cert Guide, Volume 1. Cisco Press, 2020. 1088 p. ISBN 978-0135792735.
9. MikroTik CRS326-24G-2S+RM : MikroTik. URL: https://mikrotik.com/product/crs326_24g_2s_rm (дата звернення: 15.05.2026).
10. Ubiquiti U7 Pro : UniFi Technical Specifications. URL: <https://techspecs.ui.com/unifi/wifi/u7-pro> (дата звернення: 15.05.2026).
11. MikroTik RB5009UG+S+IN : MikroTik. URL: https://mikrotik.com/product/rb5009ug_s_in (дата звернення: 15.05.2026).
12. MikroTik CSS610-8P-2S+IN : MikroTik. URL: https://mikrotik.com/product/css610_8p_2s_in (дата звернення: 15.05.2026).

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		69

- 13.Безпека мережі : Вікіпедія : вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Безпека_мережі (дата звернення: 15.05.2026).
- 14.Кабель F/UTP 4PR INDOOR (кат. 6) : Одескабель : офіційний сайт. URL: <https://odeskabel.com/ua/products/katalog-lan/lan-kabeli-kategorii-6/futp-4pr-indoor.html> (дата звернення: 15.05.2026).
- 15.Патч-панелі UTP 24 порти : E-Server. URL: <https://e-server.com.ua/patch-paneli-taiwan/patch-paneli-utp> (дата звернення: 15.05.2026).
- 16.Bridging and Switching : MikroTik RouterOS Documentation. URL: <https://help.mikrotik.com/docs/display/ROS/Bridging+and+Switching> (дата звернення: 15.05.2026).
- 17.Шафа настінний ProLine 18U : IQ Trading. URL: https://iqtrading.ua/products/montazhnoe_oborudovanie/19_nastennye_shkafy/prd18u56.html (дата звернення: 15.05.2026).
- 18.Одарченко А. М., Степанов В. І., Черненко Я. М. Основи охорони праці : підручник. Харків : Стил-Издат, 2017. 334 с.
- 19.Грибан В. Г., Фоменко А. Є., Казначеев Д. Г. Безпека життєдіяльності та охорона праці : підручник. Дніпро : Дніпропетровський державний університет внутрішніх справ, 2022. 388 с.

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		70

ДОДАТКИ

Додаток А. Логічна адресація локальної мережі

Таблиця А.1 – Логічна адресація в локальній мережі

№ п/п	Діапазон позначення вузлів	Назва відділу	Номер VLAN	Діапазон адрес вузлів	Маска	Шлюз
1	2	3	4	5	6	7
1	SW×6, AP×5 (mgmt)	Management	1	10.0.0.2-50	/24	10.0.0.1
2	S_1, S_2	Servers	10	10.0.10.1 (S_1/шлюз), 10.0.10.2 (S_2)	/24	10.0.10.1
3	WS_3- WS_7, PR_1, AP_2	Software	20	10.0.20.10-80	/24	10.0.20.1
4	WS_1- WS_2, WS_8- WS_16, PR_2- PR_3, AP_1, AP_3	Hardware	30	10.0.30.10-120	/24	10.0.30.1
5	AP (зона очік.), AP_4 (кухня)	Guest / IoT	40	10.0.40.10-200	/24	10.0.40.1
6	WS_17, AP_5	Management (керівництво)	50	10.0.50.1-10 (статичні)	/24	10.0.50.1
7	VPN-клієнти (віддалені)	WireGuard VPN	100	10.0.100.2-30	/24	10.0.100.1
8	SW_4 (ядро)	Менеджмент комутаторів	1	10.0.0.1	/24	-
9	SW_2	Менеджмент комутаторів	1	10.0.0.2	/24	-

Продовження таблиці А.1

10	SW_3h	Менеджмент комутаторів	1	10.0.0.3	/24	-
11	SW_4h	Менеджмент комутаторів	1	10.0.0.4	/24	-
12	SW_5k	Менеджмент комутаторів	1	10.0.0.5	/24	-
13	SW_6	Менеджмент комутаторів	1	10.0.0.6	/24	-

Додаток Б. Консольні скрипти налаштування комутаційного обладнання MikroTik

Б.1 Скрипт налаштування центрального комутатора SW_4 (MikroTik CRS326-24G-2S+RM)

```
# Увімкнення маршрутизації
enable ip

# Призначення портів у VLAN (стандарт IEEE 802.1q)
add taggedports = 15-21
add vid=20 untaggedports=1-7
add vid=30 untaggedports=8-12
add vid=10 untaggedports=13-14
add vid=50 untaggedports=15
add vid=40 untaggedports=16

# Конфігурування віртуальних інтерфейсів (шлюзи VLAN)
add ip int=vlan1 ip=10.0.0.1
add ip int=vlan10 ip=10.0.10.1
add ip int=vlan20 ip=10.0.20.1
add ip int=vlan30 ip=10.0.30.1
add ip int=vlan40 ip=10.0.40.1
add ip int=vlan50 ip=10.0.50.1
add ip int=vlan100 ip=10.0.100.1
```

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		73


```

/ip firewall filter add chain=forward src-address=10.0.20.0/24 dst-
address=10.0.30.0/24 action=drop
/ip firewall filter add chain=forward src-address=10.0.30.0/24 dst-
address=10.0.20.0/24 action=drop
# Ізолювати гостьовий сегмент (VLAN 40) від внутрішніх мереж, лишити
лише Інтернет
/ip firewall filter add chain=forward src-address=10.0.40.0/24 dst-
address=10.0.0.0/8 action=drop
/ip firewall filter add chain=forward src-address=10.0.40.0/24 action=accept
comment="guest internet only"
# Захист сегмента керування комутаторами (VLAN 1)
/ip firewall filter add chain=forward dst-address=10.0.0.0/24 src-
address=!10.0.50.0/24 action=drop
# Правило за замовчуванням: заборонити весь інший міжмережвий
трафік
/ip firewall filter add chain=forward action=drop comment="default deny"

```

Б.4 Конфігураційні файли сервера-шлюза S1 (Debian 12)

```

# Hostname: gw.lytrox.local; WAN: enp1s0 (DHCP); LAN trunk: enp2s0 →
CRS326 SFP+

```

Встановлення базових пакетів:

```

apt update && apt upgrade -y
apt install -y nftables wireguard unbound suricata isc-dhcp-server vlan net-
tools curl git
systemctl enable nftables unbound suricata isc-dhcp-server
echo 'net.ipv4.ip_forward=1' >> /etc/sysctl.conf && sysctl -p

```

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		75

Файл /etc/network/interfaces (VLAN-інтерфейси на enp2s0):

```
# WAN
auto enp1s0
iface enp1s0 inet dhcp

# LAN trunk
auto enp2s0
iface enp2s0 inet manual

# VLAN 1 — Management
auto enp2s0.1
iface enp2s0.1 inet static
    address 10.0.0.1/24
    vlan-raw-device enp2s0

# VLAN 20 — Software
auto enp2s0.20
iface enp2s0.20 inet static
    address 10.0.20.1/24
    vlan-raw-device enp2s0

# VLAN 30 — Hardware
auto enp2s0.30
iface enp2s0.30 inet static
    address 10.0.30.1/24
    vlan-raw-device enp2s0

# VLAN 40 — Guest/IoT
auto enp2s0.40
iface enp2s0.40 inet static
    address 10.0.40.1/24
    vlan-raw-device enp2s0

# VLAN 50 — Management/Executive
auto enp2s0.50
iface enp2s0.50 inet static
```

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		76

```

address 10.0.50.1/24
vlan-raw-device enp2s0
# VLAN 100 — WireGuard
auto enp2s0.100
iface enp2s0.100 inet static
    address 10.0.100.1/24
    vlan-raw-device enp2s0

```

Файл /etc/nftables.conf (Firewall + NAT):

```

#!/usr/sbin/nft -f

flush ruleset

define WAN = enp1s0
define VL_MGT = enp2s0.1
define VL_SW = enp2s0.20
define VL_HW = enp2s0.30
define VL_GST = enp2s0.40
define VL_MGR = enp2s0.50
define VL_VPN = wg0

table inet filter {
    chain input {
        type filter hook input priority 0; policy drop;
        iif lo accept
        ct state established,related accept
        ct state invalid drop
        ip protocol icmp accept
        iifname $VL_MGT tcp dport 22 accept      # SSH лише з Management
VLAN
        iifname { $VL_MGT, $VL_SW, $VL_HW, $VL_MGR, $VL_VPN } udp
dport 53 accept
        iifname { $VL_MGT, $VL_SW, $VL_HW, $VL_MGR, $VL_VPN } tcp
dport 53 accept

```

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		77

```

iifname $VL_GST udp dport 53 accept
udp dport 67 accept          # DHCP
udp dport 51820 accept       # WireGuard
iifname $WAN drop
}
chain forward {
type filter hook forward priority 0; policy drop;
ct state established,related accept
iifname { $VL_SW, $VL_HW, $VL_MGR, $VL_MGT, $VL_VPN }
oifname $WAN accept
iifname $VL_GST oifname $WAN accept
iifname $VL_VPN oifname { $VL_SW, $VL_HW } accept
iifname { $VL_SW, $VL_HW, $VL_MGR } oifname $VL_VPN accept
iifname $VL_GST oifname != $WAN drop # Guest ізольовано
}
}
table ip nat {
chain postrouting {
type nat hook postrouting priority 100; policy accept;
oifname enp1s0 masquerade
}
}
# nft -f /etc/nftables.conf && systemctl enable --now nftables

```

Файл /etc/dhcp/dhcpd.conf (ISC DHCP):

```

option domain-name-servers 10.0.0.1;
default-lease-time 86400; max-lease-time 172800; authoritative;
subnet 10.0.20.0 netmask 255.255.255.0 { # VLAN 20 Software
range 10.0.20.10 10.0.20.80; option routers 10.0.20.1; }
subnet 10.0.30.0 netmask 255.255.255.0 { # VLAN 30 Hardware

```

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		78

```
    range 10.0.30.10 10.0.30.120; option routers 10.0.30.1; }
subnet 10.0.40.0 netmask 255.255.255.0 { # VLAN 40 Guest
    range 10.0.40.10 10.0.40.200; option routers 10.0.40.1; }
# /etc/default/isc-dhcp-server: INTERFACESv4="enp2s0.20 enp2s0.30
enp2s0.40 enp2s0.50"
```

Файл /etc/unbound/unbound.conf (DNS з блокуванням доменів):

server:

interface: 10.0.0.1

interface: 10.0.20.1

interface: 10.0.30.1

interface: 10.0.50.1

access-control: 10.0.0.0/8 allow

access-control: 0.0.0.0/0 refuse

include: /etc/unbound/blocklist.conf

local-zone: 'lytrox.local.' static

local-data: 'gw.lytrox.local. A 10.0.0.1'

local-data: 'nas.lytrox.local. A 10.0.10.2'

view:

name: 'guest'

client-subnet: 10.0.40.0/24

view-first: yes

local-zone: 'tiktok.com' refuse

forward-zone:

name: '!

forward-addr: 1.1.1.1@853#cloudflare-dns.com

forward-addr: 8.8.8.8@853#dns.google

forward-tls-upstream: yes

Автооновлення blocklist (cron, щодня о 03:00):

URL=https://raw.githubusercontent.com/StevenBlack/hosts/master/hosts

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		79

Б.5 Конфігураційні файли файлового сервера S2 (Debian 12)

```
# Hostname: nas.lytrox.local; IP 10.0.10.2/24 → gateway 10.0.10.1 (S1); NIC  
enp1s0 → CRS326 GbE port3
```

```
# OS-диск: NVMe 512 ГБ; дані: RAID-1 4 ТБ×2 → /dev/md0 → /mnt/data
```

Файл /etc/network/interfaces:

```
auto lo  
iface lo inet loopback  
auto enp1s0  
iface enp1s0 inet static  
address 10.0.10.2  
netmask 255.255.255.0  
gateway 10.0.10.1  
dns-nameservers 10.0.0.1
```

RAID-1 (mdadm):

```
apt install -y mdadm  
mdadm --create /dev/md0 --level=1 --raid-devices=2 /dev/sda /dev/sdb  
mkfs.ext4 /dev/md0 && mkdir -p /mnt/data && mount /dev/md0 /mnt/data  
mdadm --detail --scan >> /etc/mdadm/mdadm.conf && update-initramfs -u  
echo '/dev/md0 /mnt/data ext4 defaults,nofail 0 2' >> /etc/fstab  
mkdir -p /mnt/data/shares/{software,hardware,common,management}  
/mnt/data/git
```

Samba — файлоховище з розмежуванням прав:

```
apt install -y samba  
groupadd software; groupadd hardware; groupadd management
```

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		81

```
useradd -M -s /sbin/nologin sw_user; smbpasswd -a sw_user; usermod -aG software sw_user
```

```
useradd -M -s /sbin/nologin hw_user; smbpasswd -a hw_user; usermod -aG hardware hw_user
```

```
useradd -M -s /sbin/nologin mgr_user; smbpasswd -a mgr_user; usermod -aG management mgr_user
```

```
chown root:software /mnt/data/shares/software && chmod 2770 /mnt/data/shares/software
```

```
chown root:hardware /mnt/data/shares/hardware && chmod 2770 /mnt/data/shares/hardware
```

```
chown root:management /mnt/data/shares/management && chmod 2770 /mnt/data/shares/management
```

```
chmod 0755 /mnt/data/shares/common
```

/etc/samba/smb.conf — основні параметри:

```
[global]
```

```
workgroup = LYTROX
```

```
security = user
```

```
map to guest = bad user
```

```
[software]
```

```
path = /mnt/data/shares/software
```

```
valid users = @software @management
```

```
read only = no; create mask = 0660; directory mask = 2770
```

```
[hardware]
```

```
path = /mnt/data/shares/hardware
```

```
valid users = @hardware @management
```

```
read only = no; create mask = 0660; directory mask = 2770
```

```
[common]
```

```
path = /mnt/data/shares/common
```

```
valid users = @software @hardware @management
```

```
read only = yes
```

					2026.KBP.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		82


```
systemctl daemon-reload && systemctl enable --now gitea
```

UniFi Network Controller (Docker):

```
apt install -y docker.io docker-compose && systemctl enable --now docker
```

```
# /opt/unifi/docker-compose.yml — образ lscr.io/linuxserver/unifi-network-  
application
```

```
# з контейнером mongo:4.4; порти 8443, 8080, 3478/udp
```

```
cd /opt/unifi && docker-compose up -d # https://nas.lytrox.local:8443
```

Резервне копіювання (cron, щодня о 02:00):

```
# /usr/local/bin/lytrox-backup.sh
```

```
DATE=$(date +%Y%m%d); DEST=/mnt/data/backups/$DATE; mkdir -p  
$DEST
```

```
tar czf $DEST/shares.tar.gz /mnt/data/shares
```

```
tar czf $DEST/git.tar.gz /mnt/data/git/repositories
```

```
sudo -u postgres pg_dump gitea > $DEST/gitea_db.sql
```

```
find /mnt/data/backups -maxdepth 1 -mtime +30 -type d -exec rm -rf {} +
```

Команди моніторингу:

```
nft list ruleset # S1: правила firewall
```

```
wg show # S1: стан WireGuard
```

```
systemctl status suricata # S1: стан IDS/IPS
```

```
unbound-control stats_noreset # S1: статистика DNS
```

```
cat /proc/mdstat # S2: стан RAID-1
```

```
smbstatus # S2: підключені Samba-клієнти
```

```
journalctl -u gitea -f # S2: логи Gitea
```

```
docker logs unifi -f # S2: логи UniFi
```

					2026.КВР.123.406.02.00.00 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		84