

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Кібербезпеки _____
(повна назва)
Кафедра _____ Інформаційно-мережної інженерії _____
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____

ПРОЕКТУВАННЯ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ УЧБОВОГО ЗАКЛАДУ
(тема)

Виконав:
студент 4 курсу, групи _____ ТРІМІ-22-2 _____
Володимир Яковенко _____
(власне ім'я, прізвище)

Спеціальності _____ 172 _____
Телекомунікації та радіотехніка _____
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми _____ освітньо-професійна _____
Освітня програма _____ Інформаційно-мережна
інженерія _____
(повна назва освітньої програми)

Керівник _____ доцент Юлія Скорик _____
(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

В.о. Завідувача кафедри _____
(підпис)

Дарія Чеботарьова
(прізвище, ініціали)

2026 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ Кібербезпеки _____
(повна назва)
Кафедра _____ Інформаційно-мережна інженерія _____
(повна назва)
Рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) _____
Спеціальність _____ 172 Телекомунікації та радіотехніка _____
(код і повна назва)
Тип програми _____ освітньо-професійна _____
Освітня програма _____ Інформаційно-мережна інженерія _____
(повна назва освітньої програми)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

«_____» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студентові _____ Яковенку Володимирі Володимировичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

- Тема роботи Проектування локальної мережі учбового закладу
затверджена наказом університету від 2 06 2026 р. № 466Ст
- Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 12 07 2026 р.
- Вихідні дані до роботи Локальна мережа учбового закладу, Активне (маршрутизатори, комутатори, відеореєстратори) і пасивне (Патч-корди, конектори, кабель) обладнання. Проектування логічної організації в Packet Tracer.

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати в роботі _____
Вступ

1. Вибір структури локальної мережі

2. Вибір обладнання

3. Налаштування та моделювання мережі

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри)

Слайди у форматі Power Point (назва, актуальність кваліфікаційної роботи, мета та завдання роботи, Структура мережі, Топологія мережі, Активне обладнання, Пасивне обладнання, IP-адресація мережі, Налаштування мережі, Результати моделювання, Тестування мережі, Переваги проекту, висновки та результати роботи)

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата
	доц. Скорик Ю.В.		10.07.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення із завданням. Уточнення ТЗ	02.06-04.06.2026	виконано
2	Підбір літератури за темою роботи	05.06-08.06.2026	виконано
3	Виконання розділу 1	09.06-11.06.2026	виконано
4	Виконання розділу 2	12.06-15.06.2026	виконано
5	Виконання розділу 3	16.06-07.07.2026	виконано
6	Оформлення презентаційного матеріалу	08.07-09.07.2026	виконано
7	Підготовка до захисту у ЕК	10.07-11.07.2026	виконано

Дата видачі завдання 2 06 2026 р.

Здобувач _____
(підпис)

Керівник роботи _____
(підпис) доц. Юлія Скорик
(посада, власне ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 91 стор. формату А4, 39 рис., 9 табл., 20 посилань.

Об'єкт дослідження є локальна мережа учбового закладу.

Мета роботи – розроблення проекту локальної мережі підземного навчального закладу, яка забезпечуватиме надійне функціонування інформаційних систем, ефективний обмін даними між користувачами та відповідатиме сучасним вимогам щодо продуктивності, безпеки та масштабованості.

Проведено аналіз вимог до сучасних локальних мереж, визначено оптимальну топологію та виконано проектування структурованої кабельної системи. Для побудови мережі обрано сучасне активне обладнання MikroTik, систему відеоспостереження Ajax, джерело безперебійного живлення FSP Champ 3K RM 3000VA, а також пасивне обладнання, що відповідає вимогам стандартів структурованих кабельних систем.

УЧБОВИЙ ЗАКЛАД, ПІДЗЕМНА ШКОЛА, Cisco Packet Tracer, VLAN, DHCP, Wi-Fi, ЛОКАЛЬНА МЕРЕЖА, MIKROTIK, СИСТЕМА ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ, ДЖЕРЕЛО БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЖИВЛЕННЯ.

ABSTRACT

Explanatory slip 91 p., 39 fig., 9 tab., 20 sources.

The object of the research is the local network of the educational institution.

The aim of the research is to develop a local area network design for an underground educational institution that will ensure reliable functioning of information systems, effective data exchange between users, and meet modern requirements for productivity, security, and scalability.

An analysis of the requirements for modern local area networks was conducted, the optimal topology was determined, and a structured cabling system was designed. Modern MikroTik active equipment, an Ajax video surveillance system, an FSP Champ 3K RM 3000VA uninterruptible power supply, as well as passive equipment that meets the requirements of structured cabling system standards were selected to build the network.

EDUCATIONAL INSTITUTION, UNDERGROUND SCHOOL, Cisco Packet Tracer, VLAN, DHCP, Wi-Fi, LOCAL NETWORK, MIKROTIK, VIDEO SURVEILLANCE SYSTEM, UNINTERRUPTED POWER SUPPLY.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП.....	9
1 ВИБІР СТРУКТУРИ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ	11
1.1 План будівлі.....	11
1.1.1 Опис поверхів та розташування кабінетів.....	11
1.1.2 Серверна кімната.....	11
1.1.3 Схема розташування робочих місць	12
1.2 Опис підприємства.....	13
1.2.1 Загальна характеристика навчального закладу	13
1.2.2 Кількість працівників та учнів.....	13
1.2.3 Кількість комп'ютерів та мережних пристроїв.....	14
1.2.4 Необхідні мережні сервіси	15
1.2.5 Вимоги до мережі.....	16
1.3 Вибір топології мережі.....	16
1.3.1 Аналіз існуючих топологій мереж	16
1.3.2 Порівняння «шина», «кільце», «зірка».	17
1.3.3 Обґрунтування вибору топології.....	17
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	19
2 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ.....	20
2.1 Вибір активного обладнання	20
2.1.1 Маршрутизатор	20
2.1.2 Комутатори	23
2.1.3 Точки бездротового доступу Wi-Fi	27
2.1.4 Відеореєстратори.....	29
2.1.5 IP-камери.....	35
2.1.6 UPS.....	42
2.2 Вибір пасивного обладнання	45
2.2.1 Телекомунікаційна шафа.....	45

2.2.2	Патч-панелі та кабельні організатори.....	47
2.2.3	Патч-корди.....	49
2.2.4	Інформаційні розетки.....	50
2.2.5	Конектори (RJ-45)	51
2.2.6	Кабель та кабельні канали.....	52
2.3	IP-адресація мережі.....	62
2.3.1	Вибір діапазону IP-адрес	62
2.3.2	Таблиця IP-адрес	63
2.3.3	DHCP	64
2.3.4	Статичні адреси для серверів та мережевого обладнання....	65
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2		66
3	НАЛАШТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖІ	67
3.1	Розробка мережі в Cisco Packet Tracer.....	67
3.1.1	Побудова схеми.....	67
3.1.2	Підключення обладнання.....	68
3.2	Налаштування мережного обладнання.....	70
3.2.1	Налаштування маршрутизатора	70
3.2.2	Налаштування комутаторів.....	71
3.2.3	Налаштування відеореєстратора та IP-камер.....	71
3.3	Тестування роботи мережі	72
3.3.1	Перевірка зв'язності та перевірка DHCP.....	72
3.3.2	Результати моделювання.....	74
3.4	Аналіз отриманих результатів	75
3.4.1	Оцінка працездатності	76
3.4.2	Переваги запропонованої мережі	76
3.4.3	Можливості модернізації	77
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3		79
ВИСНОВКИ.....		80
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		82
ДОДАТОК А.....		84

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) – динамічний протокол налаштування вузла.

IP-Address (Internet Protocol Address) – унікальний числовий ідентифікатор мережного рівня.

VLAN (Virtual Local Area Network) – віртуальна локальна комп'ютерна мережа.

PING (Packet Inter-Network Groper) – службова комп'ютерна програма, призначена для перевірки з'єднань в мережах на основі TCP/IP.

SFP (Small Form-factor Pluggable) – промисловий стандарт модульних компактних приймачів (трансиверів), використовуваних для передачі даних в телекомунікаціях.

Wi-Fi – стандарт IEEE 802.11 передавання цифрових потоків даних по радіоканалах.

UTP (Unshielded Twisted Pair) – неекранована вита пара.

UPS (Uninterruptible Power Supply) – джерело безперебійного живлення.

1 Gb/S (1 Gigabit per Second) – один гігабіт на секунду.

QoS (Quality of Service) – якість обслуговування.

СКС (Структурована кабельна система) – ієрархічна кабельна система, що охоплює всі необхідні пасивні складові для створення середовища передавання інформації.

NVR (Network Video Recorder) – мережний відеореєстратор (робота тільки з IP-відеокамерами).

Маршрутизатор (Router) – електронний пристрій, що використовується для поєднання двох або більше мереж і керує процесом маршрутизації.

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку суспільства інформаційні технології посідають важливе місце практично в усіх сферах діяльності людини. Не є винятком і освітня галузь, де використання комп'ютерної техніки, електронних освітніх платформ, мережних сервісів та систем дистанційного навчання стало невід'ємною складовою навчального процесу. Для забезпечення ефективної роботи всіх цих засобів необхідною умовою є наявність надійної локальної мережі, яка забезпечує обмін даними між користувачами та доступ до інформаційних ресурсів.

Останніми роками питання безпеки учасників освітнього процесу набуло особливого значення. У зв'язку з воєнними діями на території України виникла потреба у створенні захищених навчальних приміщень, здатних забезпечити безперервність навчання навіть під час повітряних тривог та інших надзвичайних ситуацій. Одним із таких рішень стало будівництво підземних шкіл, які дозволяють організувати освітній процес у безпечних умовах. Разом з тим функціонування таких об'єктів потребує створення сучасної інформаційно-комунікаційної інфраструктури, основою якої є локальна комп'ютерна мережа.

Особливості розташування підземного навчального закладу висувають додаткові вимоги до побудови мережі. Необхідно забезпечити стабільний доступ до мережі Інтернет, надійну роботу комп'ютерних класів, адміністративних приміщень, систем відеоспостереження, засобів оповіщення, серверного обладнання, а також бездротових мереж для викладачів та учнів. Крім того, важливим завданням є забезпечення достатньої пропускної здатності, можливості подальшого розширення мережі та захисту інформації від несанкціонованого доступу.

Актуальність теми роботи «Проектування локальної мережі учбового закладу» зумовлена необхідністю створення сучасної, надійної та безпечної мережної інфраструктури, яка забезпечуватиме стабільну роботу всіх

інформаційних систем закладу освіти та сприятиме безперервному навчальному процесу. Враховуючи сучасні умови, питання проектування мережі для підземних навчальних закладів є не лише технічним, а й соціально важливим, оскільки безпосередньо пов'язане з можливістю отримання якісної освіти в безпечних умовах.

1 ВИБІР СТРУКТУРИ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

1.1 План будівлі

Об'єктом проектування є локальна комп'ютерна мережа підземного навчального закладу. Будівля призначена для організації безпечного освітнього процесу та забезпечення безперервної роботи навчального закладу в умовах надзвичайних ситуацій. Під час проектування мережі враховано особливості планування приміщень, кількість користувачів, вимоги до швидкодії мережі та можливість її подальшого розширення.

1.1.1 Опис поверхів та розташування кабінетів

Будівля має один підземний поверх, на якому розташовані навчальні кабінети, серверна кімната, їдальня, санітарні вузли та технічні приміщення. Центральне розташування серверної дозволяє мінімізувати довжину кабельних ліній та спростити обслуговування мережної інфраструктури.

У проекті передбачено підключення всіх приміщень до єдиної структурованої кабельної системи. Робочі місця адміністрації, викладачів та комп'ютерних класів обладнуються дротовими мережними підключеннями, тоді як для мобільних пристроїв учнів і персоналу передбачено використання бездротової мережі Wi-Fi. Для забезпечення повного покриття будівлі точки бездротового доступу встановлюються таким чином, щоб сигнал рівномірно охоплював усі навчальні та службові приміщення [1].

1.1.2 Серверна кімната

Серверна кімната є центральним вузлом локальної мережі. У ній розміщується телекомунікаційна шафа, до складу якої входять маршрутизатор, магістральний комутатор, патч-панелі, джерело безперебійного живлення та

серверне обладнання. Усі горизонтальні кабельні лінії прокладаються від серверної до робочих місць відповідно до вимог структурованих кабельних систем.

Під час планування мережі враховано вимоги щодо максимальної довжини кабельних сегментів, яка не повинна перевищувати 100 м для мідної кабельної системи категорії Cat.5е. Кабельні траси прокладаються в кабель-каналах уздовж стін і стелі приміщень, що забезпечує механічний захист кабелю та спрощує його подальше технічне обслуговування [1].

1.1.3 Схема розташування робочих місць

На рис. 1.1 наведено план будівлі із зазначенням розташування навчальних приміщень, серверної кімнати, робочих місць користувачів та основних елементів мережної інфраструктури.

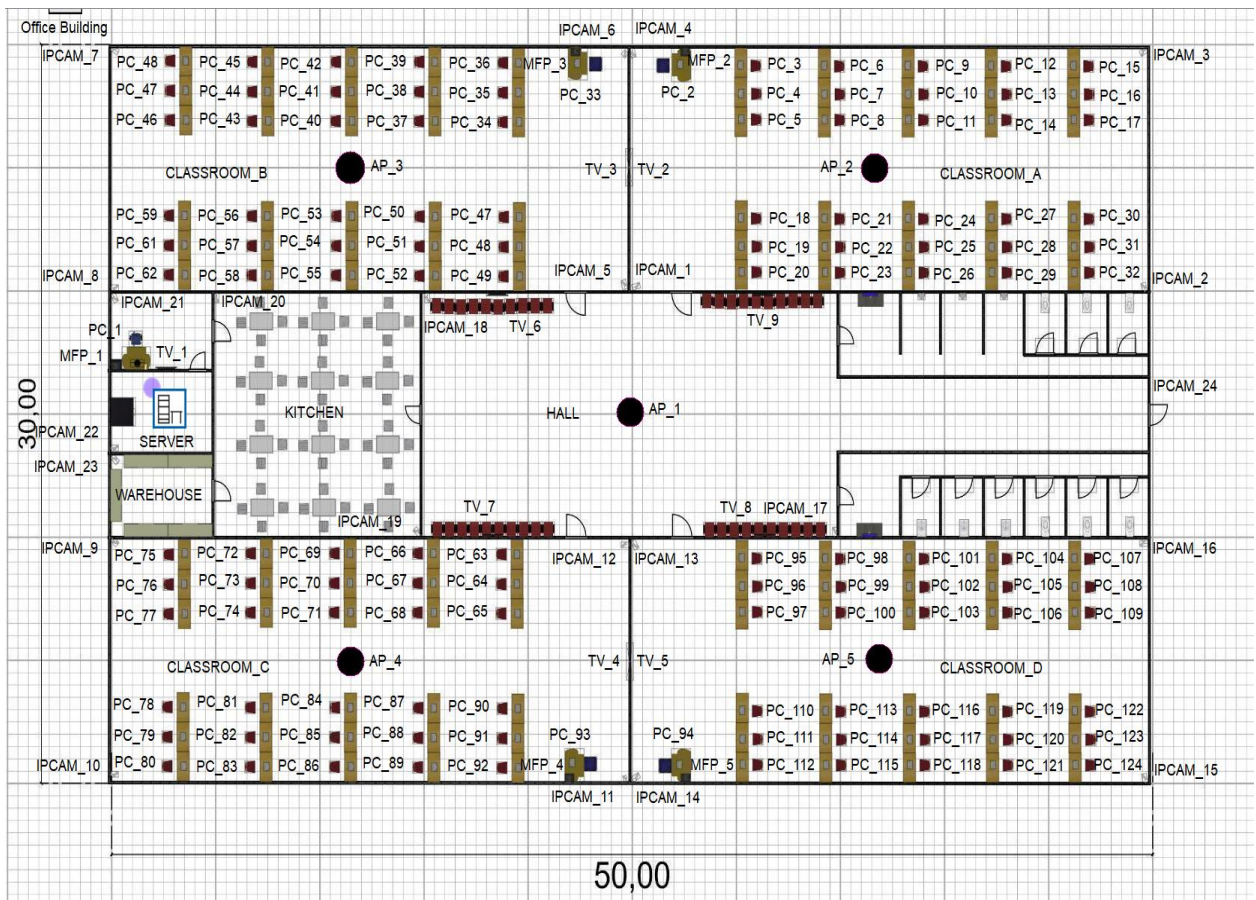


Рисунок 1.1 – План будівлі навчального закладу

План є основою для подальшого проєктування локальної комп'ютерної мережі та вибору місць встановлення активного і пасивного мережного обладнання.

1.2 Опис підприємства

1.2.1 Загальна характеристика навчального закладу

Об'єктом проєктування є підземний навчальний заклад, оснащений сучасною локальною комп'ютерною мережею для забезпечення навчального процесу та роботи персоналу. Заклад розташований в одноповерховій будівлі розміром 50×30 м (загальна площа – 1500 м²) та складається з чотирьох комп'ютерних класів, серверної кімнати та службових приміщень.

У кожному комп'ютерному класі передбачено 30 робочих місць для учнів і одне робоче місце викладача. Для адміністрування локальної мережі обладнано окреме робоче місце системного адміністратора.

Проєктом також передбачено встановлення сервера, мережного обладнання, системи відеоспостереження з 24 IP-камерами та структурованої кабельної системи, що забезпечує надійну та безперебійну роботу локальної мережі [1].

1.2.2 Кількість працівників та учнів

У проєктованому навчальному закладі функціонують чотири комп'ютерні класи, кожен із яких розрахований на 30 учнів. У кожному класі передбачено одне автоматизоване робоче місце викладача. Для забезпечення безперебійної роботи локальної мережі також передбачено одне робоче місце системного адміністратора.

Загальна кількість користувачів локальної мережі наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Кількість користувачів навчального закладу

Категорія користувачів	Кількість
Учні	120
Викладачі	4
Системний адміністратор	1
Усього	125

Наведена кількість користувачів враховується під час проектування локальної мережі, вибору мережного обладнання та розрахунку необхідної кількості мережних портів.

1.2.3 Кількість комп'ютерів та мережних пристроїв

Для забезпечення навчального процесу та функціонування локальної мережі в навчальному закладі використовується комп'ютерна техніка та інші мережні пристрої. Основу становлять комп'ютери учнів, викладачів і системного адміністратора. Крім того, до локальної мережі підключаються сервер, точки бездротового доступу Wi-Fi, телевізори з Ethernet-інтерфейсом та система відеоспостереження.

Таблиця 1.2 – Кількість комп'ютерної техніки та мережних пристроїв

Найменування	Кількість
Комп'ютери учнів	120
Комп'ютери викладачів	4
Комп'ютер системного адміністратора	1
Сервер	1
Точки доступу Wi-Fi	5
Телевізори з Ethernet	9
ІР-відеокамери	24
Мережевий відеореєстратор	2
Усього мережних пристроїв	166

Наведена кількість пристроїв використовується для розрахунку необхідної кількості мережних портів, вибору комутаторів та іншого активного мережного обладнання. Під час проєктування також передбачається резерв портів для можливого подальшого розширення локальної мережі.

1.2.4 Необхідні мережні сервіси

Для забезпечення стабільної та безпечної роботи локальної мережі навчального закладу необхідно реалізувати ряд мережних сервісів, які забезпечуватимуть доступ користувачів до інформаційних ресурсів та мережного обладнання [1].

Основними мережними сервісами є:

- доступ до мережі Інтернет для учнів, викладачів та адміністрації;
- служба DHCP для автоматичної видачі IP-адрес мережевим пристроям;
- служба DNS для перетворення доменних імен в IP-адреси;
- файловий сервер для централізованого зберігання навчальних матеріалів та службових документів;
- система відеоспостереження для цілодобового моніторингу, запису та зберігання відео з 24 IP-камер;
- бездротовий доступ Wi-Fi для підключення мобільних пристроїв і резервного доступу до локальної мережі;
- мережевий доступ до телевізорів, які використовуються для демонстрації навчальних матеріалів.

Використання зазначених сервісів забезпечить ефективну роботу локальної мережі, централізоване керування мережними ресурсами та безпечний доступ користувачів до інформаційних сервісів навчального закладу.

1.2.5 Вимоги до мережі

Локальна комп'ютерна мережа навчального закладу повинна забезпечувати надійну, безпечну та безперебійну роботу всіх мережевих пристроїв. При проектуванні мережі враховуються сучасні вимоги до швидкості передачі даних, відмовостійкості та можливості подальшого розширення.

Основними вимогами до локальної мережі є:

- забезпечення швидкості передачі даних до 1 Гбіт/с для всіх дротових підключень;
- безперервний доступ користувачів до мережі Інтернет;
- стабільна робота сервера, системи відеоспостереження та інших мережних сервісів;
- підтримка одночасної роботи всіх мережних пристроїв без зниження продуктивності;
- можливість подальшого розширення мережі без значної модернізації обладнання;
- захист мережі від несанкціонованого доступу;
- резервне електроживлення критично важливого обладнання за допомогою джерела безперебійного живлення (UPS).

Дотримання зазначених вимог забезпечить ефективне функціонування локальної мережі, надійну передачу даних, стабільну роботу всіх інформаційних сервісів та безпечну експлуатацію мережної інфраструктури навчального закладу [1].

1.3 Вибір топології мережі

1.3.1 Аналіз існуючих топологій мереж

Топологія мережі визначає спосіб з'єднання мережних пристроїв між собою та впливає на продуктивність, надійність і можливість розширення локальної мережі. Найбільш поширеними є топології «шина», «кільце» та «зірка» (рис. 1.2).

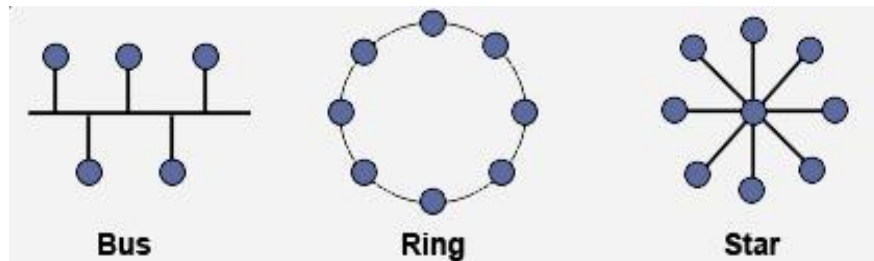


Рисунок 1.2 – Топології «шина», «кільце» та «зірка»

1.3.2 Порівняння «шина», «кільце», «зірка».

Топологія «шина» передбачає підключення всіх пристроїв до одного спільного кабелю. Основними перевагами є простота побудови та невисока вартість. Недоліками є низька надійність, складність пошуку несправностей та повна непрацездатність мережі у разі пошкодження магістрального кабелю.

Топологія «кільце» забезпечує передачу даних між пристроями по замкненому колу. Вона характеризується рівномірним розподілом мережевого навантаження, проте вихід з ладу одного вузла або пошкодження кабелю може призвести до порушення роботи всієї мережі.

Найбільш поширеною в сучасних локальних мережах є топологія «зірка». У цьому випадку всі мережеві пристрої підключаються до центрального комутатора. Така схема забезпечує високу швидкість передачі даних, просте адміністрування, зручний пошук несправностей і можливість швидкого розширення мережі шляхом підключення нових пристроїв [2].

1.3.3 Обґрунтування вибору топології

Порівняння основних топологій показує, що для проткотованої локальної мережі навчального закладу найбільш доцільним є використання топології «зірка», оскільки вона найкраще відповідає вимогам щодо надійності, продуктивності та масштабованості.

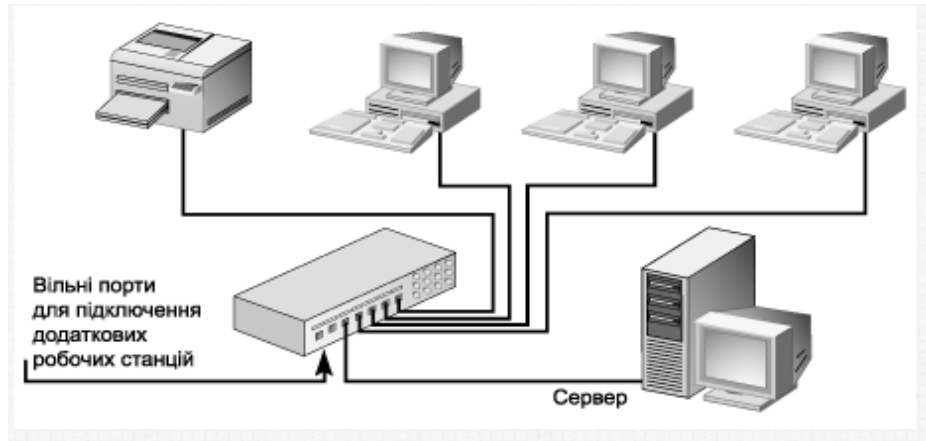


Рисунок 1.3 – Обрана фізична топологія «зірка»

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

У першому розділі було визначено основні вимоги до локальної мережі навчального закладу та проаналізовано особливості її побудови. Проведений аналіз дав змогу оцінити кількість користувачів і мережного обладнання, а також визначити сервіси, які повинна підтримувати мережа. Після порівняння різних топологій було прийнято рішення використати топологію «зірка», оскільки вона найкраще підходить для такого об'єкта. Отримані результати стали основою для подальшого вибору обладнання та розроблення мережі.

2 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ

2.1 Вибір активного обладнання

2.1.1 Маршрутизатор

Для забезпечення підключення локальної мережі навчального закладу до мережі Інтернет було обрано маршрутизатор MikroTik RouterBOARD RB4011iGS+5HacQ2HnD-IN. Дана модель поєднує високу продуктивність, підтримку сучасних мережних технологій та можливість одночасної роботи великої кількості користувачів, що робить її оптимальним рішенням для навчального закладу.

Маршрутизатор оснащений десятима гігабітними Ethernet-портами, одним портом SFP+ зі швидкістю до 10 Гбіт/с, а також вбудованим дводіапазонним модулем Wi-Fi, що працює на частотах 2,4 та 5 ГГц. Пристрій працює під керуванням операційної системи RouterOS, яка підтримує широкий набір мережних функцій, зокрема статичну та динамічну маршрутизацію, VLAN, DHCP, NAT, VPN, міжмережний екран (Firewall), QoS та засоби моніторингу мережі [3, 4].

Основними перевагами маршрутизатора є:

- висока продуктивність при обробці мережного трафіку;
- 10 гігабітних Ethernet-портів;
- наявність порту SFP+ 10 Гбіт/с;
- підтримка дводіапазонної мережі Wi-Fi (2,4 та 5 ГГц);
- підтримка VLAN, VPN, DHCP, NAT та Firewall;
- можливість централізованого адміністрування мережі;
- висока надійність і стабільність роботи.

Використання маршрутизатора MikroTik RouterBOARD RB4011iGS+5HacQ2HnD-IN дозволить забезпечити швидке та стабільне підключення всіх сегментів локальної мережі до мережі Інтернет, реалізувати

поділ мережі на VLAN, організувати захист мережної інфраструктури та забезпечити резерв для подальшого розширення мережі [5] (рис.2.1) і (рис 2.2).



Рисунок 2.1 – Маршрутизатор MikroTik RouterBOARD
RB4011iGS+5HacQ2HnD-IN

Specification

SPECIFICATIONS	Product code Suggested price Architecture CPU CPU core count CPU nominal frequency CPU Threads count Switch chip model Dimensions RouterOS license Operating System Size of RAM Storage size Storage type MTBF Tested ambient temperature	RB4011iGS+5HacQ2HnD-IN \$275.00 ARM 32bit AL21400 4 auto (533 - 1900) MHz 4 RTL8367SB 228 x 120 x 30 mm 5 RouterOS v7 1 GB 512 MB NAND Approximately 200'000 hours at 25C -40°C to 45°C
WIRELESS CAPABILITIES	Wireless 5 GHz Max data rate Wireless 5 GHz Number of chains Wireless 5 GHz standards Antenna gain dBi for 5 GHz Wireless 5 GHz chip model Wireless 5 GHz generation Wireless 2.4 GHz Max data rate Wireless 2.4 GHz Number of chains Wireless 2.4 GHz standards Antenna gain dBi for 2.4 GHz Wireless 2.4 GHz chip model Wireless 2.4 GHz generation WiFi speed	1733 Mbit/s 4 802.11a/n/ac 3 QCA9984 Wi-Fi 5 300 Mbit/s 2 802.11b/g/n 3 R11e-2HnD Wi-Fi 4 AC2000
ETHERNET	10/100/1000 Ethernet ports	10
FIBER	SFP+ ports	1
PERIPHERALS	MiniPCI-e slots Serial console port	1 RJ45
POWERING	Number of DC inputs DC jack input Voltage Max power consumption Max power consumption without attachments PoE in Cooling type PoE in input Voltage	2 (DC jack, PoE-IN) 12-57 V 44 W 23 W Passive PoE Passive 18-57 V
POE-OUT	PoE-out ports PoE out Low voltage PoE-Out current limit High voltage PoE-Out current limit Max total out (A)	Ether10 Passive PoE up to 57V 600 mA 420 mA 600 mA
CERTIFICATION & APPROVALS	Certification IP	CE, FCC, IC, EAC, ROHS IP20
OTHER	PCB temperature monitor Voltage Monitor	Yes Yes
INCLUDED PARTS	 24V 2.5A power adapter  IEC cord  K-59 kit	
NOTE	The device has an operating system preinstalled and licensed. No separate purchase is necessary and the product is ready to use. The device includes free software updates for the life of the product or a minimum of 5 years starting from date of purchase.	

Рисунок 2.2 – Характеристики маршрутизатора MikroTik RouterBOARD
RB4011iGS+5HacQ2HnD-IN

2.1.2 Комутатори

Для побудови локальної мережі навчального закладу обрано п'ять керованих комутаторів MikroTik. Основу мережі складають чотири комутатори MikroTik Cloud Router Switch CRS354-48G-4S+2Q+RM, які забезпечують підключення робочих станцій, серверного обладнання, телевізорів та інших мережних пристроїв.

Комутатор MikroTik CRS354-48G-4S+2Q+RM оснащений 48 гігабітними Ethernet-портами, чотирма портами SFP+ (10 Гбіт/с) та двома портами QSFP+ (40 Гбіт/с). Він підтримує VLAN, QoS, Link Aggregation, STP/RSTP та інші сучасні мережні технології, що забезпечують високу продуктивність і надійність локальної мережі [6] (рис. 2.3) і (рис. 2.4).

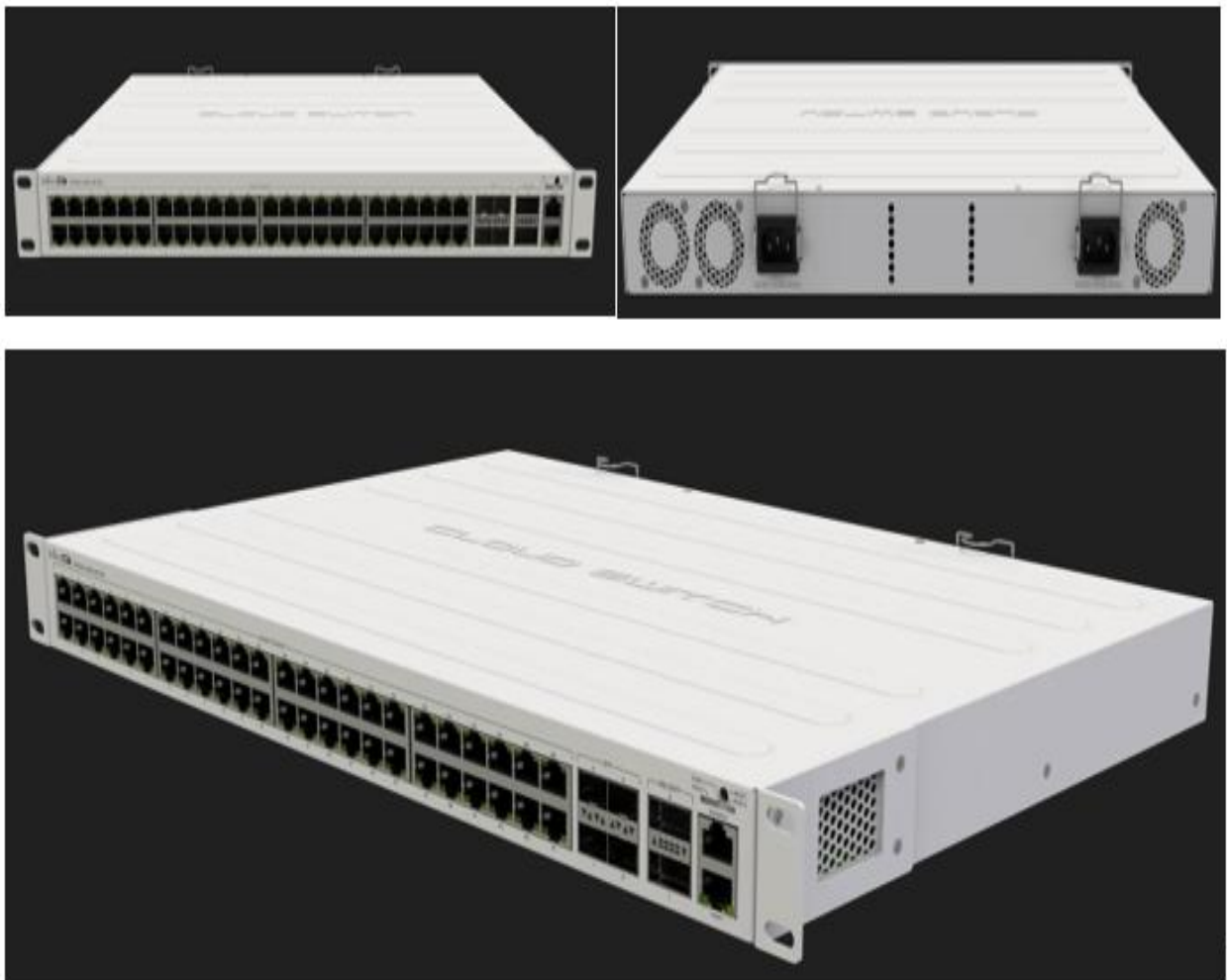


Рисунок 2.3 – Комутатор MikroTik Cloud Router Switch CRS354-48G-4S+2Q+RM

SPECIFICATIONS	Product code	CRS354-48G-4S+2Q+RM
	Suggested price	\$599.00
	Architecture	MIPSBE
	CPU	QCA9531
	CPU core count	1
	CPU nominal frequency	650 MHz
	Switch chip model	980X3257
	Dimensions	297 x 443 x 44 mm
	RouterOS license	5
	Operating System	RouterOS v7 / SwitchOS
	Size of RAM	128 MB
	Storage size	32 MB
	Storage type	FLASH
	MTBF	Approximately 200'000 hours at 25C
	Tested ambient temperature	-20°C to 60°C
POWERING	Number of AC inputs	2
	AC input range	100-240
	Number of PSU slots	2
	Frequency (Hz)	50-60
	Max power consumption	60 W
	Max power consumption without attachments	50 W
	Cooling type	3 fans
ETHERNET	10/100 Ethernet ports	1
	10/100/1000 Ethernet ports	48
FIBER	SFP+ ports	4
	Number of 40G QSFP+ ports	2
PERIPHERALS	Serial console port	RJ45
OTHER	CPU temperature monitor	Yes
	PCB temperature monitor	Yes
	Voltage Monitor	Yes
CERTIFICATION & APPROVALS	Certification	CE, EAC, ROHS
	IP	IP20
INCLUDED PARTS		
		
	2x IEC cords	Cable managment brackets
		Rackmount ears (CRS)
		K-48 fastening set

NOTE

The device has an operating system preinstalled and licensed. No separate purchase is necessary and the product is ready to use.

Рисунок 2.4 – Характеристики комутатора MikroTik Cloud Router Switch CRS354-48G-4S+2Q+RM

Для підключення обладнання, яке потребує живлення через мережний кабель, використовується один комутатор MikroTik Cloud Router Switch CRS328-24P-4S+RM. Він має 24 гігабітні порти з підтримкою технології PoE-out та чотири порти SFP+10 Гбіт/с [7] (рис. 2.5).

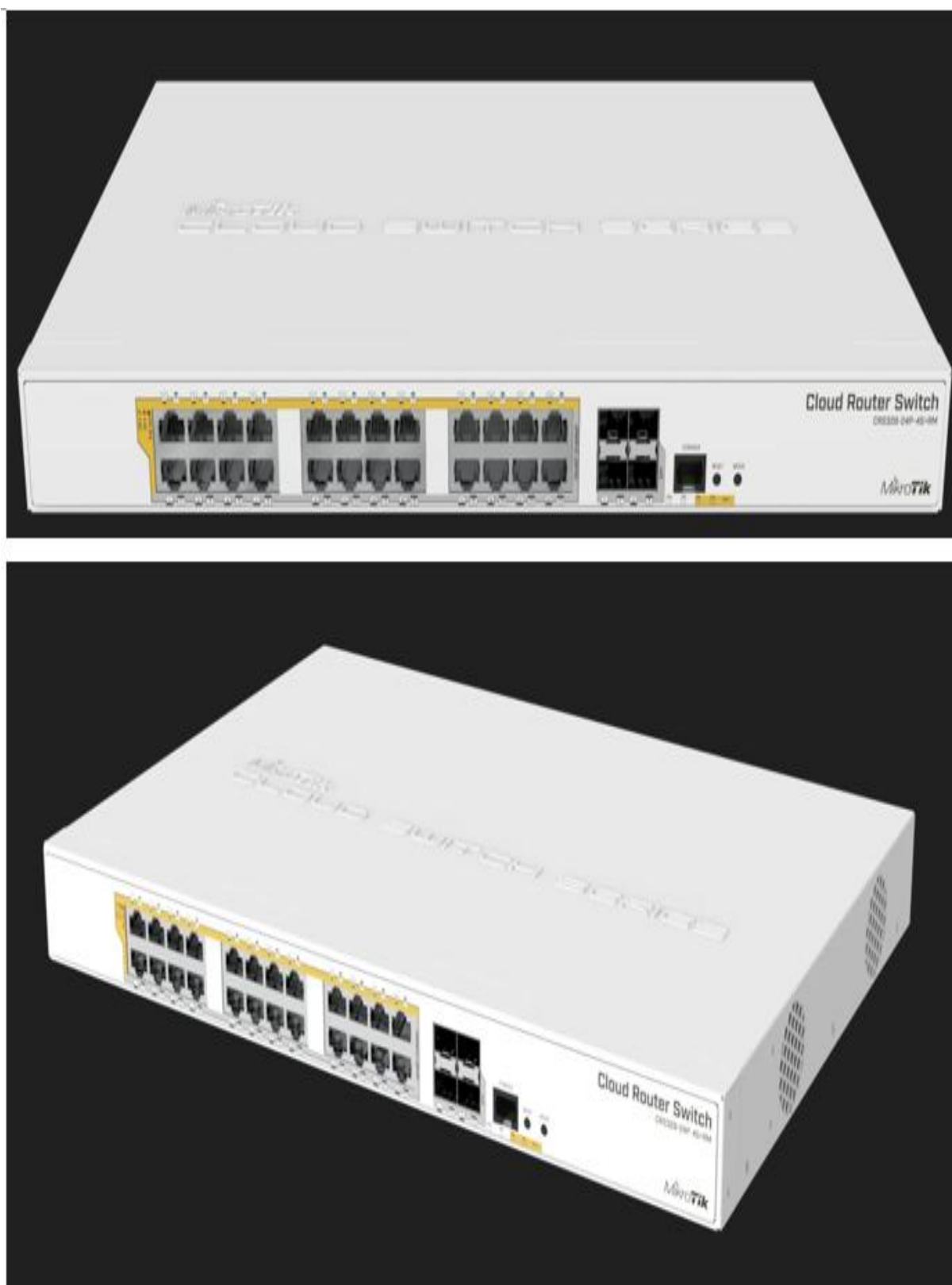


Рисунок 2.5 – Комутатор MikroTik Cloud Router Switch CRS328-24P-4S+RM

Specification

SPECIFICATIONS	Product code	CRS328-24P-4S+RM
	Suggested price	\$489.00
	Architecture	ARM 32bit
	CPU	98DX3236
	CPU core count	1
	CPU nominal frequency	800 MHz
	Switch chip model	98DX3236
	Dimensions	443 x 300 x 44 mm
	RouterOS license	5
	Operating System	RouterOS / SwitchOS
	Size of RAM	512 MB
	Storage size	16 MB
	Storage type	FLASH
	MTBF	Approximately 200'000 hours at 25C
	Tested ambient temperature	-20°C to 60°C
POWERING	Number of AC inputs	1
	AC input range	100-240
	Number of PSU slots	1
	Max power consumption	494 W
	Max power consumption without attachments	44 W
	Cooling type	2 fans
POE-OUT	PoE-out ports	Ether1-Ether24
	PoE out	802.3af/at
	Low voltage PoE-Out current limit	1000 mA
	High voltage PoE-Out current limit	450 mA
	Max total out (A)	20 A
ETHERNET	10/100/1000 Ethernet ports	24
FIBER	SFP+ ports	4
PERIPHERALS	Serial console port	RJ45
OTHER	CPU temperature monitor	Yes
	Current Monitor	Yes
	PCB temperature monitor	Yes
	Voltage Monitor	Yes
	Mode button	Yes
CERTIFICATION & APPROVALS	Certification	CE, EAC, ROHS
	IP	IP00
INCLUDED PARTS	 K-54 kitIEC cordRackmount ears	
NOTE	The device has an operating system preinstalled and licensed. No separate purchase is necessary and the product is ready to use. The device includes free software updates for the life of the product or a minimum of 5 years starting from date of purchase.	

Рисунок 2.6 – Характеристики коммутатора MikroTik Cloud Router Switch CRS328-24P-4S+RM

Завдяки підтримці PoE до нього підключаються п'ять точок доступу Wi-Fi та двадцять три IP-камери без використання окремих блоків живлення. Застосування чотирьох комутаторів CRS354-48G-4S+2Q+RM і одного комутатора CRS328-24P-4S+RM забезпечує достатню кількість мережних портів для підключення всіх пристроїв, високу швидкість передачі даних, централізоване керування мережею та можливість її подальшого розширення.

Використання комутаторів MikroTik CRS354-48G-4S+2Q+RM та MikroTik CRS328-24P-4S+RM забезпечує стабільну роботу локальної мережі, підключення всіх 166 мережних пристроїв, підтримку сучасних мережних технологій та резерв продуктивності для подальшого розвитку мережної інфраструктури навчального закладу [5].

2.1.3 Точки бездротового доступу Wi-Fi

Для забезпечення бездротового доступу до локальної мережі та мережі Інтернет у проєкті передбачено встановлення п'яти точок доступу Wi-Fi MikroTik cAP ac (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Точка бездротового доступу Wi-Fi MikroTik cAP ac (RBcAPGi-5acD2nD)

Їх розміщення забезпечує рівномірне покриття всієї площі навчального закладу та стабільне підключення мобільних пристроїв.

Для забезпечення бездротового доступу до локальної мережі та мережі Інтернет у проєкті передбачено встановлення п'яти точок доступу MikroTik cAP ac (RBcAPGi-5acD2nD). Точки доступу розміщуються в різних частинах будівлі для забезпечення стабільного покриття всіх навчальних і службових приміщень.

Модель MikroTik cAP ac підтримує роботу у двох діапазонах – 2,4 ГГц та 5 ГГц, забезпечуючи швидкість передачі даних до 300 Мбіт/с у діапазоні 2,4 ГГц та до 867 Мбіт/с у діапазоні 5 ГГц (клас AC1200). Пристрій оснащений двома гігабітними Ethernet-портами та підтримує живлення за стандартом PoE 802.3af/at, що значно спрощує монтаж і експлуатацію.

Усі точки доступу підключаються до комутатора MikroTik Cloud Router Switch CRS328-24P-4S+RM, який забезпечує передачу даних і живлення через один кабель Ethernet. Це дозволяє зменшити кількість кабельних ліній та спростити встановлення обладнання.

Основними перевагами MikroTik cAP ac є:

- підтримка одночасної роботи в діапазонах 2,4 та 5 ГГц;
- швидкість бездротового з'єднання до 1167 Мбіт/с (AC1200);
- два гігабітні Ethernet-порти;
- підтримка PoE 802.3af/at;
- можливість централізованого керування за допомогою CAPsMAN;
- простий монтаж на стелі або стіні.

Використання п'яти точок доступу MikroTik cAP ac (RBcAPGi-5acD2nD) забезпечує повне покриття бездротовою мережею всієї будівлі навчального закладу та надає користувачам стабільний доступ до локальної мережі й мережі Інтернет. Згідно з проєктом, Wi-Fi використовується як додатковий та резервний спосіб підключення мобільних пристроїв, тоді як основним способом підключення робочих місць залишається дротова мережа [8].

2.1.4 Відеореєстратори

Для забезпечення безпеки навчального закладу в проекті передбачено встановлення системи відеоспостереження на базі обладнання української компанії Ajax Systems. Обладнання цього виробника відзначається високою надійністю, сучасними засобами захисту інформації та відповідає вимогам кібербезпеки.

Система відеоспостереження включає 24 IP-камери Ajax, які встановлюються у навчальних кабінетах, коридорах, на входах до будівлі та в інших важливих зонах. Камери забезпечують цілодобовий моніторинг, передачу відеоданих через локальну мережу та високу якість зображення.

Для запису та зберігання відеоархіву використовуються два мережні відеореєстратори (NVR):

- один 16-канальний;
- один 8-канальний.

Загальна кількість каналів становить 24, що забезпечує підключення всіх IP-камер.

Передача даних від камер здійснюється через локальну мережу, а живлення камер забезпечується PoE-комутатором, що дозволяє використовувати один кабель Ethernet одночасно для передачі даних і електроживлення. Такий підхід спрощує монтаж, зменшує кількість кабельних з'єднань та підвищує надійність роботи системи.

Використання обладнання Ajax Systems забезпечує ефективний контроль території навчального закладу, централізоване керування системою відеоспостереження та надійне зберігання відеозаписів [9] (рис. 2.8 – рис. 2.13).

Характеристики

BASELINE

NVR HAC (16-ch)

16-канальний мережевий відеореєстратор із виходом HDMI



Рисунок 2.8 – Мережний відеореєстратор Ajax NVR HAC (16ch) ASP black

Відео**Відеовхід**

16 каналів

Роздільна здатність запису

8 Мп, 6 Мп, 5 Мп, 4 Мп, 3 Мп, 1080p, UXGA, 720p, VGA, 4CIF, DCIF, 2CIF, CIF, QCIF

Роздільна здатність HDMI

1920 × 1080, 1600 × 1200, 1280 × 1024, 1280 × 720 пікселів

Роздільна здатність відео наживо / відтворення записів

8 Мп, 6 Мп, 5 Мп, 4 Мп, 3 Мп, 1080p, 720p, D1, VGA, CIF

Декодування**Формат**

H.265, H.264, JetSparrow

Можливості

- 1 × канал за роздільної здатності 8 Мп
- 3 × канал за роздільної здатності 5 Мп
- 4 × канал за роздільної здатності 4 Мп
- 4 × канал за роздільної здатності 1080p
- 10 × канал за роздільної здатності 720p
- 16 × канал за роздільної здатності 1024 × 576 пікселів

Ширина або висота роздільної здатності відео з камери (для кожного каналу) не може перевищувати 4096 пікселів.

Розділення вікна перегляду відео наживо

шаблони: 1, 4, 9, 16, 5+1, 7+1 переглядів

своя розмітка: до 10×10 переглядів

Синхронне відтворення відео

16 каналів

Інтелектуальна аналітика відео**Виявлення руху**

Камера Ajax: 16 каналів

NVR: 16 каналів

NVR HAC має вбудований софт для виявлення руху в кадрі. У застосунку Ajax можна налаштувати аналіз зображення за допомогою алгоритмів NVR HAC або камери.

Виявлення об'єктів за допомогою ШІ

Камера Ajax: 16 каналів

Рисунок 2.9 – Характеристики відеореєстратора Ajax NVR HAC (16ch) ASP black

Інтерфейс

HDD/SSD

1 × SATA: підтримка накопичувача до 16 ТБ (формфактор 2,5" або 3,5")

Жорсткий диск (HDD) або твердотільний накопичувач (SSD) не входять до комплекту.

Дізнатися більше 

Мережа

1 × RJ-45 самоадаптивний Ethernet (10/100 Мбіт/с)

USB

задня панель: 1 × USB 2.0 (Type-A)

бокова панель: 1 × USB 2.0 (Type-A)

Для під'єднання клавіатури, миші або флешнакопичувача USB.

Мережа

Пропускна здатність

вхідна: до 80 Мбіт/с

вихідна: до 40 Мбіт/с

Протокол

HTTP, HTTPS, TCP/IP, IPv4, RTSP, UDP, DHCP, DNS

Сумісність з іншими системами

ONVIF

Ключові можливості

Підтримувані пристрої

- [Камери Ajax](#)
- IP-камери, що використовують ONVIF (профіль S/T) або RTSP

Вбудована система керування відеоспостереженням (VMS)

- Інтегрований інтерфейс відеостіни, який містить прямі трансляції з камер.
- Розумні фільтри подій для швидкого доступу до відповідних відеозаписів.
- Інтерактивна шкала часу з навігацією попереднього перегляду для ефективного відтворення інцидентів.

Візуальна верифікація тривог у системі Ajax

NVR HAC підтримує налаштування сценарію, за яким спрацювання датчиків Ajax автоматично підсвічує відповідний канал камери на інтерфейсі відеостіни. Це дає змогу оператору миттєво верифікувати загрозу вторгнення.

Приватність

Розширені засоби контролю приватності забезпечують високий рівень захисту персональних даних. Усі права доступу, зокрема для користувачів мобільних застосунків, інженерів монтажу й операторів охоронних компаній, які використовують Ajax PRO Desktop, налаштовує власник пристрою. Це гарантує, що доступ до відеопотоків, історії подій або налаштувань пристрою отримають лише уповноважені особи відповідно до уподобань власника.

Рисунок 2.10 – Характеристики відеореєстратора Ajax NVR HAC (16ch) ASP
black (продовження)

Рекомендації		Пристрій працює від мережі 110–240 В~.	Пристрій призначений для встановлення лише в приміщенні.
Живлення	Основне	110–240 В, 50/60 Гц, 0,6 А	
	Енергоспоживання	до 24 Вт	
	Батарея годинника	батарея CR2032, 3 В	
		Тільки для живлення системного годинника.	
Корпус	Розміри		
	Вага	782 г	
		Без накопичувача.	
	Діапазон робочої температури	від 0 °С до +40 °С	
	Допустима вологість	до 75%	
	Клас захисту	IP20	
			
Колір	Чорний		
	Білий		
Комплект	NVR HAC (16-ch)		
	Кріпильна панель SmartBracket		
	Кабель живлення		
	Кабель Ethernet		
	Монтажний комплект		
	Коротка інструкція		

Рисунок 2.11 – Характеристики відеореєстратора Ajax NVR HAC (16ch) ASP black (продовження)

Сертифікація та відповідність стандартам

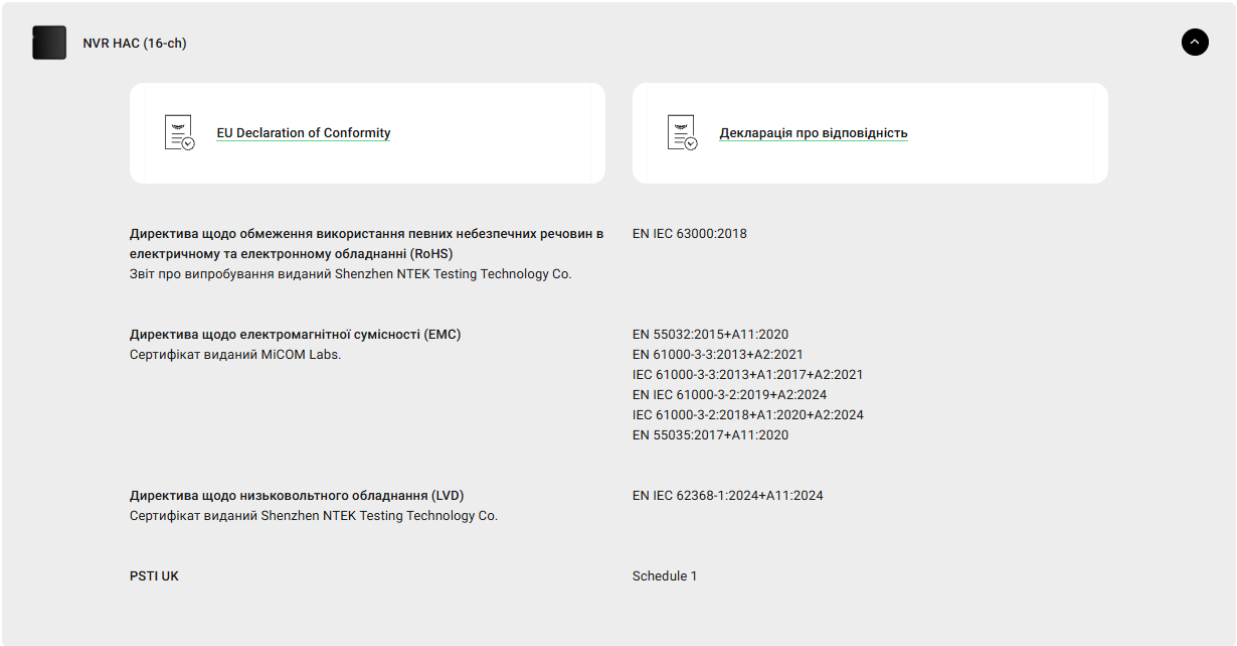


Рисунок 2.12 – Специфікація та відповідність стандартам відеореєстратора Ajax NVR HAC (16ch) ASP black



Рисунок 2.13 – Мережний відеореєстратор Ajax NVR HAC (8ch) ASP black

2.1.5 IP-камери

Для забезпечення безпеки навчального закладу проєктом передбачено встановлення сучасної системи відеоспостереження на базі IP-камер українського виробника Ajax Systems. Використання обладнання цього виробника забезпечує високу якість відеозображення, надійність роботи та відповідність сучасним вимогам інформаційної безпеки.

Для зовнішнього відеоспостереження обрано одну IP-камеру Ajax BulletCam (8EU) ASP White 5 МП (2.8 мм). Камера призначена для встановлення на фасаді будівлі та забезпечує постійний контроль прилеглої території, центрального входу та інших зовнішніх зон [10] (рис. 2.14 – рис. 2.17).

Характеристики

BASELINE

BulletCam HL (5 Mp/2.8 mm)

Дротова IP-камера відеоспостереження з можливостями ШІ, кутом огляду 110°, гібридним підсвічуванням, True WDR, мікрофоном і PoE/12 В.
Для вулиці та приміщення.



Рисунок 2.14 – IP відеокамера Ajax BulletCam (8EU) ASP black 5МП (2.8мм)

Камера**Сенсор зображення**

5 MP CMOS, тип 1/2.8"

Фокусна відстань об'єктива

2,8 мм

Максимальна апертура

f/1.6

Тип ірисової діафрагми

фіксований

Тип об'єктива за фокусною відстанню

фіксований

Кути огляду

по горизонталі: 100–110°

по вертикалі: 50–60°

по діагоналі: 125–135°

Відстань DORI

- Виявлення: 65 м
- Спостереження: 26 м
- Розпізнавання: 13 м
- Ідентифікація: 6,5 м

Максимальна дальність підсвічування

- білий світлодіод: до 50 м
- ІЧ-світлодіод: до 50 м

Розумне керування підсвічуванням автоматично регулює інтенсивність інфрачервоних і білих світлодіодів у режимі реального часу, щоб уникнути надмірної експозиції. Це забезпечує чітку видимість об'єктів на різних відстанях — як близько, так і далеко від камери — в умовах недостатнього освітлення.

Мінімальне підсвічування

колір: 0,005 лк

Ч/Б: 0 лк

Співвідношення сигнал/шум (SNR)

понад 52 дБ

Рисунок 2.15 – Характеристики IP відеокамери Ajax BulletCam (8EU)

Відео**Роздільна здатність**

- 5 MP (2880 × 1620)
- 4 MP (2560 × 1440)
- 3 MP (2304 × 1296)
- 2 MP (1920 × 1080)
- 0.6 MP (1024 × 576)

Частота кадрів

до 25 fps

Поворот зображення

0°, 180°

Відеокодек

H.265, H.264

Динамічний діапазон

120 дБ (True WDR)

Місце зберігання

microSD

Ajax NVR

Камера підтримує microSD до 256 ГБ. Тип карти пам'яті: Class V30 або швидше.
Накопичувач пам'яті не входить до комплекту постачання.

Аудіо**Вбудований мікрофон**

Відеокамера записує звук на місці події за відповідних налаштувань.

Формат декодування аудіо

G711-ULAW, G711-ALAW, G726, G722

**Рисунок 2.16 – Характеристики IP відеокамери Ajax BulletCam (8EU)
(продовження)**

Корпус

Розміри

Вага

Діапазон робочих температур

Допустима вологість

Клас захисту

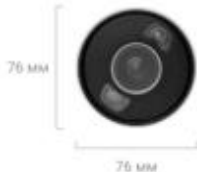
198 × 76 × 76 мм

550 г

від -30 °C до +60 °C

до 90%

IP65, IK08



Колір

Чорний

Білий



Комплектація

BulletCam HL (5 Мр/2.8 мм)

Монтажний шаблон

Монтажний комплект

Коротка інструкція

Сертифікація та відповідність стандартам

 BulletCam HL (5 Мр/2.8 мм)

 [EU Declaration of Conformity](#)

 [Декларація про відповідність](#)

Директива щодо обмеження використання певних небезпечних речовин в електронному та електронному обладнанні (RoHS)
Звіт про випробування виданий Shenzhen NTEK Testing Technology Co.

Директива щодо електромагнітної сумісності (EMC)
Сертифікат виданий MICOM Labs

Директива щодо низької напруги (LVD)
Звіт про випробування виданий Shenzhen NTEK Testing Technology Co.

PSTI UK

EN IEC 63000:2018

EN 55032:2015+A1:2020
EN 55035:2017+A11:2020

EN IEC 62368-1:2024+A11:2024

Schedule 1

Рисунок 2.17– Характеристики IP відеокамери Ajax BulletCam (8EU)
(продовження)

Завдяки ступеню захисту корпусу від впливу навколишнього середовища камера може експлуатуватися за різних погодних умов. Для внутрішнього відеоспостереження використовуються 23 IP-камери Ajax TurretCam (8EU) ASP White 5 МП (2.8 мм). Камери встановлюються в навчальних кабінетах, коридорах, на входах та в інших важливих приміщеннях навчального закладу. Вони забезпечують високу деталізацію зображення, широкий кут огляду та можливість цілодобового моніторингу [11] (рис. 2.18 – рис. 2.20).

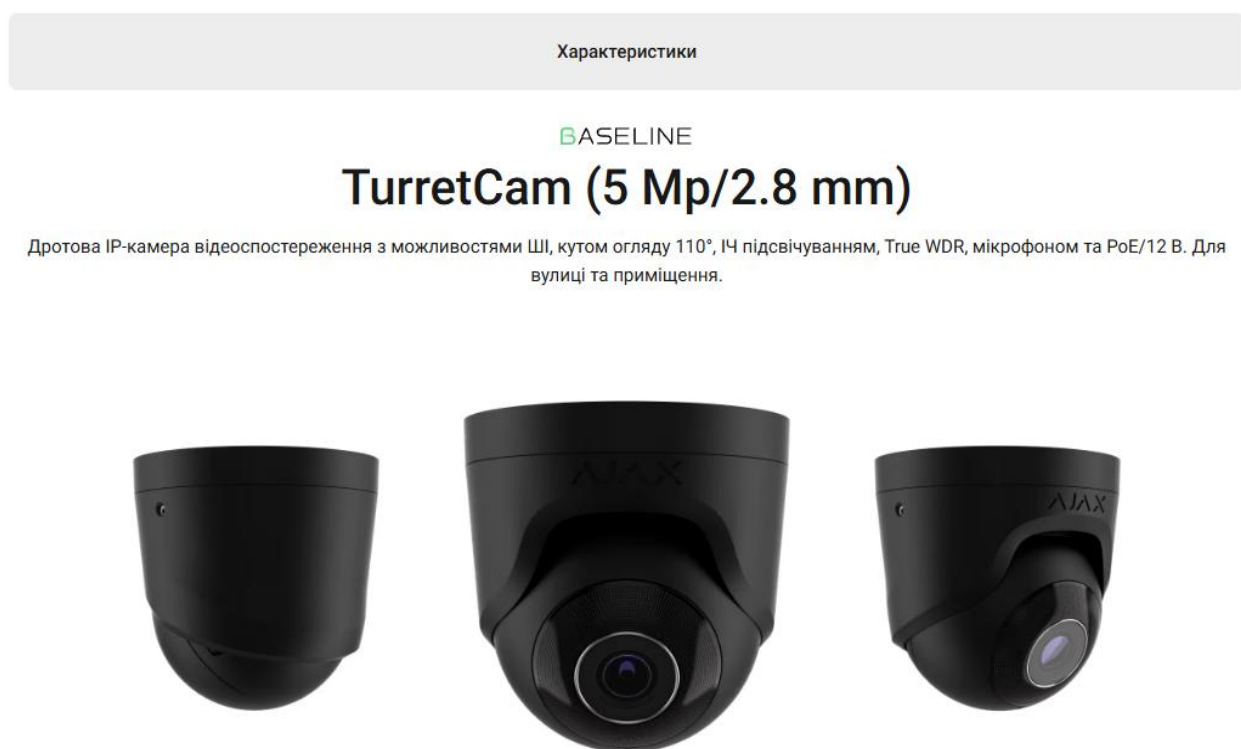


Рисунок 2.18 – IP відеокамера Ajax TurretCam (8EU) ASP black 5МП (2.8мм)

Живлення

Блок живлення

12 В $\pm$ 20%, 1 А

До 15 Вт енергоспоживання від мережі.

Ethernet-порт

Стандарт PoE 802.3at/af

Захист від саботажу

mTLS

Зашифроване з'єднання для захисту даних.

Автентифікація

через Cloud

Локальні права доступу відсутні.

Secure Boot

Захист від підміни прошивки.

Дистанційна (OTA) перевірка підписів

Безпечне автоматичне оновлення прошивки.

Приватність

Розподіл прав доступу для користувачів у мобільних застосунках і для операторів моніторингу у застосунку PRO Desktop.

Дізнатися більше 

Корпус

Розміри

103 × 98 × 98 мм

Вага

496 г

Діапазон робочої температури

від -30 °C до +60 °C

Допустима вологість

до 90%

Клас захисту

IP65, IK08



Рисунок 2.19 – Характеристики IP відеокамери Ajax TurretCam (8EU) ASP 5МП (2.8мм)

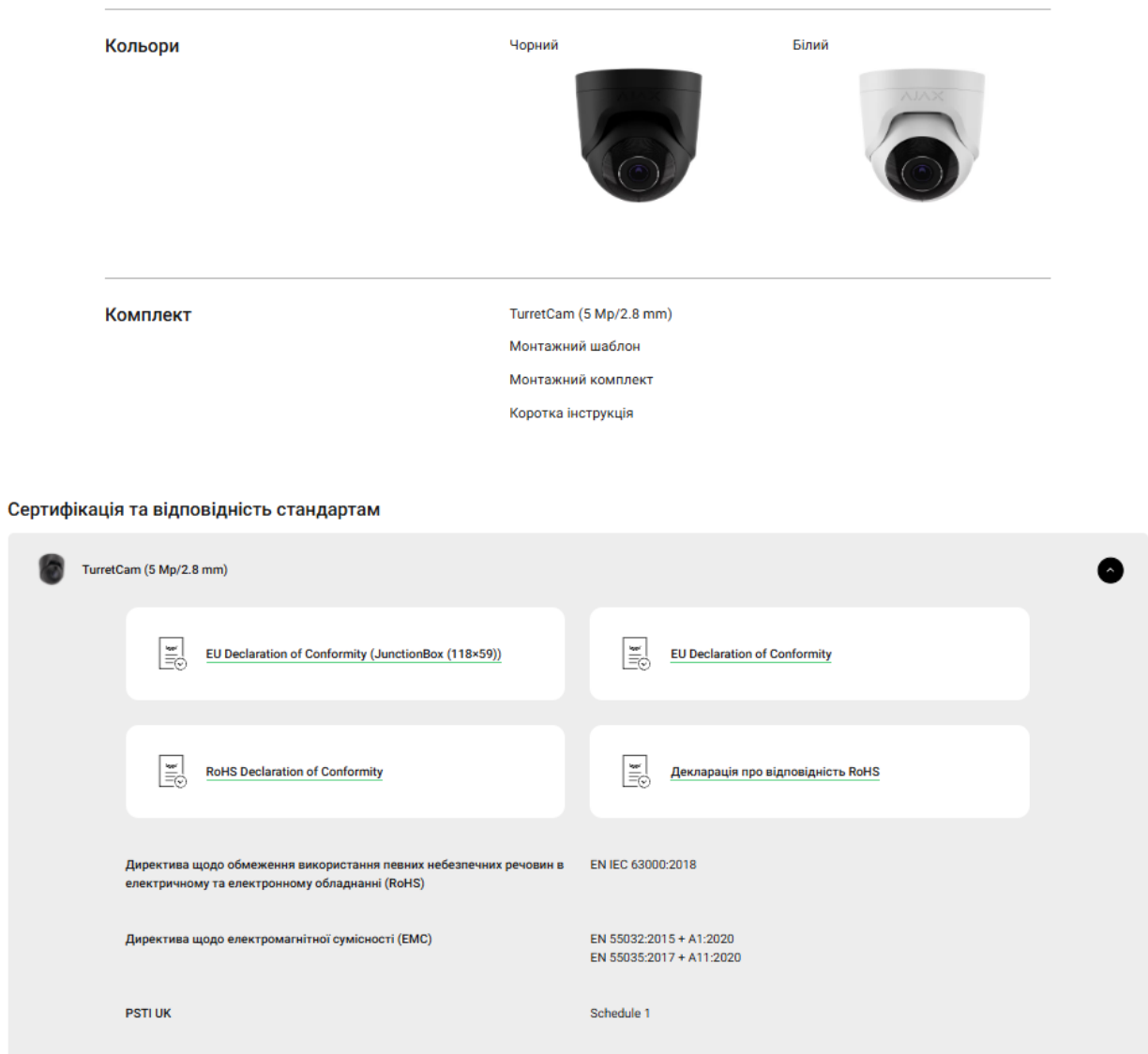


Рисунок 2.20 – Характеристики IP відеокамери Ajax TurretCam (8EU) ASP 5МП (2.8мм) (продовження)

Обидві моделі камер мають роздільну здатність 5 МП, оснащені об'єктивом 2,8 мм, підтримують передачу відеоданих через мережу Ethernet та живлення за технологією PoE, що дозволяє використовувати один кабель для передачі даних і електроживлення. Камери інтегруються із мережними відеореєстраторами та забезпечують централізоване зберігання відеоархіву.

Використання однієї зовнішньої камери Ajax BulletCam та двадцяти трьох внутрішніх камер Ajax TurretCam дозволяє забезпечити повний контроль території навчального закладу, підвищити рівень безпеки та організувати безперервне відеоспостереження за всіма важливими зонами об'єкта.

2.1.6 UPS

Для забезпечення безперебійної роботи мережного обладнання у проєкті обрано джерело безперебійного живлення FSP Champ 3K RM 3000VA. Використання UPS дозволяє захистити обладнання від перебоїв електроживлення, перепадів напруги та інших аварійних ситуацій, які можуть призвести до втрати даних або виходу обладнання з ладу [12] (рис. 2.21).



Рисунок 2.21 – Джерело безперебійного живлення FSP Champ 3K RM 3000VA та його характеристики

Модель FSP Champ 3K RM 3000VA належить до джерел безперебійного живлення з технологією On-Line (подвійне перетворення), що забезпечує

стабільну вихідну напругу незалежно від якості електромережі. Потужність пристрою становить 3000 ВА (3000 Вт), що є достатнім для резервного живлення критично важливого обладнання локальної мережі.

До UPS підключаються маршрутизатор, комутатори, сервер, мережеві відеореєстратори та інше обладнання, розміщене в серверній кімнаті. У разі відключення електроенергії джерело безперебійного живлення забезпечує безперервну роботу мережі протягом часу, необхідного для коректного завершення роботи обладнання або запуску резервного джерела живлення.

Основними перевагами FSP Champ 3K RM 3000VA є:

- технологія On-Line (подвійне перетворення);
- потужність 3000 ВА (3000 Вт);
- захист від перепадів напруги, перевантаження та короткого замикання;
- чиста синусоїдальна форма вихідної напруги;
- можливість встановлення у 19-дюймову серверну стійку (Rack Mount);
- висока надійність і стабільність роботи.

Використання джерела безперебійного живлення FSP Champ 3K RM 3000VA забезпечує захист мережної інфраструктури від аварійних ситуацій в електромережі, підвищує надійність роботи локальної мережі та запобігає втраті важливих даних [13].

Для побудови локальної мережі навчального закладу було обрано сучасне активне мережеве обладнання, яке забезпечує високу продуктивність, надійність та можливість подальшого розширення мережної інфраструктури. До його складу входять маршрутизатор, керовані комутатори, точки бездротового доступу Wi-Fi, система відеоспостереження, мережеві відеореєстратори та джерело безперебійного живлення. Перелік обраного активного обладнання наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Загальний перелік активного обладнання

№	Найменування обладнання	Модель	Кількість, шт	Рекомендована вартість за одиницю, \$	Посилання
1	Маршрутизатор	MikroTik RouterBOARD RB4011iGS+5HacQ2HnD-IN	1	275.00	https://mikrotik.com/product/rb4011igs_5hacq2hnd_in
2	Комутатор	MikroTik Cloud Router Switch CRS354-48G-4S+2Q+RM	4	599.00	https://mikrotik.com/product/crs354_48g_4splus2qplusrm
3	PoE-комутатор	MikroTik Cloud Router Switch CRS328-24P-4S+RM	1	489.00	https://mikrotik.com/product/crs328_24p_4s_rm
4	Точка доступу Wi-Fi	MikroTik cAP ac (RBcAPGi-5acD2nD)	5	85.00	https://mikrotik.com/product/cap_ac
5	Мережний відеореєстратор	Ajax NVR HAC (16ch) ASP black	1	279.00	https://ajax.systems.ua/products/specs/nvr-hac-16-ch/
6	Мережний відеореєстратор	Ajax NVR HAC (8ch) ASP black	1	189.00	https://ajax.systems.ua/products/specs/nvr-hac-8-ch/
7	Внутрішня IP-камера	Ajax TurretCam (8EU) ASP white 5МП (2.8мм)	23	123.00	https://ajax.systems.ua/products/specs/turretcam-5-mp-2-8-mm/
8	Зовнішня IP-камера	Ajax BulletCam (8EU) ASP white 5МП (2.8мм)	1	149.00	https://ajax.systems.ua/products/specs/bullecaml-5-mp-2-8-mm/
9	Джерело безперебійного живлення	FSP Champ 3K RM 3000VA	1	820.00	https://viatec.ua/product/FSP-Champ-K-RM-3000VA

2.2 Вибір пасивного обладнання

2.2.1 Телекомунікаційна шафа

Для розміщення активного та пасивного мережного обладнання у проєкті обрано телекомунікаційну шафу UA-MGSE2468MB стандарту 19" висотою 24U. Використання серверної шафи забезпечує компактне розміщення обладнання, його захист від механічних пошкоджень, зручність обслуговування та впорядковану організацію кабельної системи (рис. 2.22) [14].



Рисунок 2.22 – Шафа UA-MGSE2468MB 19" 24U, 610×865 мм

Характеристики:

- Тип: Шафа для підлоги 19";
- Висота: 24U;
- Висота, мм: 1160;
- Глибина, мм: 865;
- Ширина, мм: 610;
- Конструктив, дюйм: 19;
- Передні двері: гартоване скло та замок з поворотною ручкою;
- Двері задні: суцільнометалеві з перфорацією типу «зябра» та замком;
- Бічні стінки: знімні із замком;
- Напрямні: дві пари з маркуванням юнітів;
- Колір: чорний, RAL 9005;
- Товщина металу, мм: 1 – 2;
- Максимальне навантаження, кг: 450;
- Клас захисту від зовнішніх факторів: IP 20;
- Вага, кг: 74

Шафа має габаритні розміри 610×865×1160 мм (ширина×глибина×висота), посилену металеву конструкцію та витримує навантаження до 450 кг. Передні двері виконані із загартованого скла та оснащені замком, задні двері – металеві з вентиляційною перфорацією, а бічні панелі є знімними, що забезпечує зручний доступ до обладнання під час монтажу та технічного обслуговування.

У телекомунікаційній шафі розміщуються маршрутизатор, чотири комутатори MikroTik CRS354-48G-4S+2Q+RM, один комутатор MikroTik CRS328-24P-4S+RM, сервер, мережеві відеореєстратори, джерело безперебійного живлення, патч-панелі та кабельні організатори.

Використання шафи UA-MGSE2468MB забезпечує централізоване розміщення мережного обладнання, ефективне охолодження, безпечну експлуатацію та можливість подальшого розширення локальної мережі [13].

2.2.2 Патч-панелі та кабельні організатори

Патч-панель призначена для завершення структурованої кабельної системи та комутації інформаційних ліній у телекомунікаційній шафі (рис. 2.23).



Рисунок 2.23 – Патч-панель 19" 24×RJ-45 FTP Cat.5e

Основні характеристики:

- Форм-фактор: 19", 1U
- Кількість портів: 24×RJ-45
- Категорія: Cat.5e
- Екранування: FTP (Foiled Twisted Pair)
- Призначення: комутація та розподіл Ethernet-ліній у СКС

Металевий кабельний організатор із кришкою використовується для організації та надання естетичного вигляду кабелям комутації (мідним та оптичним патч-кордам), підключеним між активним та пасивним мережевим обладнанням. Організатор встановлюється у вертикальні напрямні 19" між комутатором та патч-панеллю. Укладання патч-кордів в органайзер знижує

механічне навантаження на порти RJ-45 комутатора та панелі, продовжуючи їх термін служби (рис. 2.24).



Рисунок 2.24 – Кабельний організатор 1U металевий перфорований з кришкою, чорний

Основні характеристики:

- Форм-фактор: 1U, 19" монтаж;
- Матеріал: метал
- Конструкція: перфорована, з кришкою
- Колір: чорний
- Призначення: організація кабельних трас у серверних і телекомунікаційних шафах

2.2.3 Патч-корди

Патч-корди використовуються для комутації активного мережного обладнання з патч-панелями, а також для підключення кінцевих пристроїв до інформаційних розеток. Вони забезпечують швидке та надійне з'єднання елементів структурованої кабельної системи, мають заводське обтиснення та відповідають вимогам категорії кабельної системи (рис. 2.25) [15].



Рисунок 2.25 – Патч-корд сірий FTP, 3 м, кат. 5е.

Основні характеристики:

- Тип кабелю: вита пара FTP;
- Категорія: Cat.5e;
- Роз'єми: RJ-45 – RJ-45;
- Довжина: 0,5 – 5 м (залежно від місця встановлення);
- Матеріал провідника: мідь;
- Оболонка: PVC або LSZH (залежно від вимог проєкту);
- Призначення: комутація патч-панелей, комутаторів та іншого мережного обладнання в телекомунікаційній шафі, а також підключення користувацьких пристроїв до інформаційних розеток.

2.2.4 Інформаційні розетки

Інформаційні розетки є кінцевими елементами структурованої кабельної системи та призначені для підключення користувацького обладнання до локальної мережі. Вони забезпечують зручне та стандартизоване підключення робочих місць до телекомунікаційної інфраструктури будівлі.

У проєкті використовуються два типи інформаційних розеток:

1. Розетка RJ45 Cat.5e модульна 45×22,5 мм Quadro (KOPOS) (рис. 2.26)



Рисунок 2.26 – Розетка RJ45 Cat.5e модульна 45×22,5 мм Quadro (KOPOS)

Призначена для монтажу в кабель-канали або модульні системи. Забезпечує компактне та акуратне встановлення в робочих зонах.

Основні характеристики:

- Тип: модульна інформаційна розетка;
- Стандарт: RJ-45;
- Категорія: Cat.5e;
- Формат модуля: 45×22,5 мм;
- Колір: білий;
- Монтаж: у кабель-канал / монтажну рамку;
- Призначення: організація підключення робочих місць до СКС.

2. Розетка комп'ютерна RJ45 Cat.5e UTP Asfora (Schneider Electric) [13] (рис. 2.27).



Рисунок 2.27 – Розетка комп’ютерна RJ45 Cat.5e UTP Asfora (Schneider Electric)

Використовується для настінного монтажу, зокрема за телевізором або мультимедійним обладнанням. Забезпечує підключення кінцевих пристроїв до мережі Ethernet.

Основні характеристики:

- Тип: настінна інформаційна розетка;
- Категорія: Cat.5e;
- Стандарт: RJ-45;
- Тип кабелю: UTP;
- Серія: Asfora;
- Колір: білий;
- Монтаж: прихований (у підрозетник);
- Призначення: підключення мережевого обладнання та мультимедійних пристроїв [13].

2.2.5 Конектори (RJ-45)

Конектори RJ-45 Cat.5e використовуються для обтискання кабелю «вита пара» та формування патч-кордів або підключення кабельних ліній до інформаційних розеток. Вони забезпечують надійний електричний контакт між

жилами кабелю та мережевим обладнанням, що є критично важливим для стабільної роботи локальної мережі (рис. 2.28).



Рисунок 2.28 – Екрановані конектори для кабелів під роз’єм RJ-45

У проєкті застосовуються екрановані конектори, що дозволяє зменшити вплив електромагнітних завад і підвищити якість передавання даних.

Основні характеристики:

- Тип: RJ-45;
- Категорія: Cat.5e;
- Конструкція: екранована (FTP/STP сумісність);
- Матеріал корпусу: пластик із металізованим екрануванням;
- Призначення: обтискання кабелю «вита пара», формування патч-кордів та монтаж мережних з’єднань;
- Середовище використання: структуровані кабельні системи (СКС) [15].

2.2.6 Кабель та кабельні канали

Для побудови структурованої кабельної системи локальної мережі обрано кабель Одескабель КПВнг-НФЭ-ВП (200) 4×2×0,51 (F/UTP Cat.5e LSFRON). Даний кабель призначений для прокладання всередині будівель та використовується для підключення комп’ютерів, комутаторів, маршрутизатора, точок доступу Wi-Fi, IP-камер, телевізорів та іншого мережного обладнання .

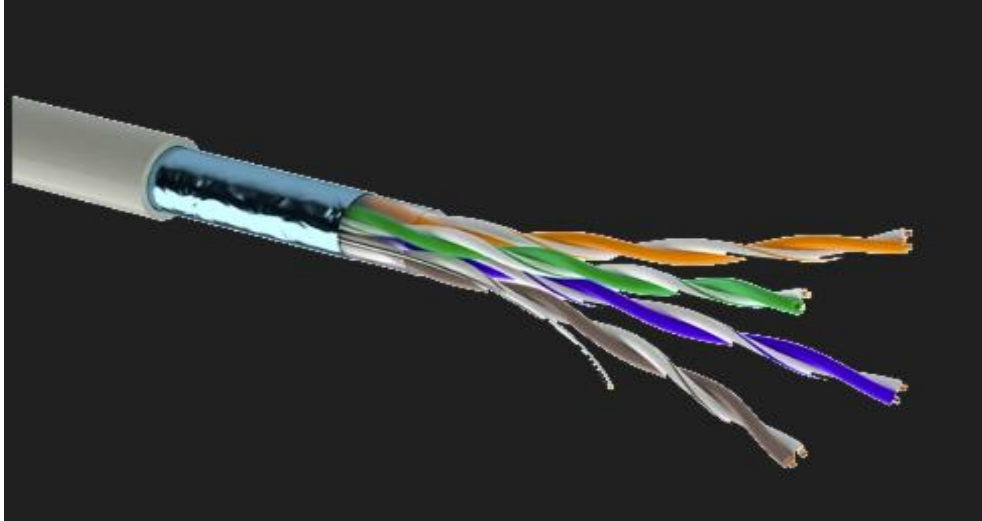


Рисунок 2.29 – Кабель Одескабель КПВнг-НFЭ-ВП (200) 4*2*0,51 (F/UTP-cat.5E LSFROH)

Кабель КПВнг-НFЭ-ВП (200) 420,51 (F/UTP-cat.5E LSFROH) виробництва заводу Одескабель – це високоякісний екранований кабель «вита пара» з підвищеними характеристиками пожежної безпеки. Він призначений для внутрішнього монтажу в місцях із жорсткими вимогами до виділення диму та токсичних газів при пожежі (серверні, бізнес-центри, ТРЦ, житлові комплекси) [15]. Нижче наведено повну та максимальну технічну характеристику цього кабелю відповідно до паспортних даних виробника.

Розшифровка маркування:

- К – Кабель;
- П – Ізоляція жил із поліетилену;
- В – Внутрішня прокладка (для монтажу всередині приміщень);
- нг – Не підтримує горіння при пучковій прокладці;
- НF – (Halogen Free) Безгалогенний;
- Э – Екранований (загальний екран із фольги);
- ВП – Вита пара;
- (200) – Максимальна частота сигналу, що пропускається (до 200 МГц), що перевищує стандартні вимоги категорії 5e (100 МГц);

– 4*2*0,51 – 4 пари (8 жил) з діаметром кожної жили 0,51 мм (номінальний переріз AWG24);

– F/UTP – (Foiled/Unshielded Twisted Pair) Загальний екран з алюмополімернострічки, пари без індивідуального екранування;

– cat.5E – Категорія кабелю, що забезпечує швидкість передачі даних до 1 Гбіт/с (1000BASE-T);

– LSFROH – (Low Smoke Flame Retardant Zero Halogen) Малодимна вогнестійка оболонка з нульовим вмістом галогенів;

– 305м – Довжина кабелю в бухті (стандартна картонна коробка/reelex).

Конструкція кабелю:

– Струмopовідна жила: Чиста мідь (CU), монолітна (однодротова), діаметр 0,51 мм;

– Ізоляція жил: Суцільний високощільний поліетилен (HDPE);

– Колірна ідентифікація пар:

– Пара 1: біло-синя / синя;

– Пара 2: біло-помаранчева / помаранчева;

– Пара 3: біло-зелена / зелена;

– Пара 4: біло-коричнева / коричнева;

– Сердечник кабелю: 4 пари, скручені разом із різним узгодженим кроком для мінімізації перехресних наводок (NEXT);

– Екранування: Загальний екран з алюмополімерної стрічки (металом всередину);

– Контактний дренажний дріт із лудженої міді для заземлення екрана;

– Зовнішня оболонка: Термопластична безгалогенна композиція (LSZH/LSFROH) сірого або помаранчевого кольору.

Фізико-механічні та експлуатаційні параметри:

– Тип прокладки: Внутрішній (у приміщеннях, кабель-каналах, лотках, трубах);

– Температурні режими:

– Температура монтажу (прокладки): від -10 °C до +60 °C;

- Температура експлуатації: від -20°C до $+60^{\circ}\text{C}$;
- Радіус вигину:
 - Під час монтажу: ≥ 8 діаметрів кабелю;
 - Після монтажу (фіксовано): ≥ 4 діаметрів кабелю;
- Розтягуюче зусилля при монтажі: не більше 85 Н;
- Зовнішній діаметр кабелю: $\approx 6.0 - 6.2$ мм (номінальний);
- Розрахункова вага кабелю: ≈ 34.2 кг/км.

Пожежна безпека та стандарти:

– Кабель повністю відповідає українським та європейським нормам пожежної безпеки, що регламентуються стандартами ДСТУ 4809:2017:

- Стійкість до поширення полум'я: ДСТУ EN 60332-1-2 (одиначна прокладка) та ДСТУ EN 60332-3 (при пучковій прокладці);
- Димовиділення: ДСТУ EN 61034-2 (мінімальна світлопроникність при горінні не менше 60%);
- Корозійна активність газів (кислотність): ДСТУ EN 60754-1, ДСТУ EN 60754-2 (відсутність виділення токсичних галогеноводневих кислот);
- Відповідність системним стандартам:
 - Міжнародні: ISO/IEC 11801, IEC 61156-5;
 - Американські: ANSI/TIA-568.2-D;
 - Українські ТУ: ТУ У 27.3-05758730-100:2018;
- Логістичні дані упаковки;
- Форма поставки: Бухта в коробці (Reelex / Pull-box), розмотування безперекручування;
 - Довжина в упаковці: 305 метрів;
 - Габарити коробки: 245 x 410 x 395 мм;
 - Вага коробки брутто: $\approx 12.5-13.0$ кг.

Важливо для монтажу: Оскільки кабель має екран (F/UTP), для збереження його захисних властивостей від електромагнітних завад, його необхідно підключати до екранованих модулів або конекторів (FTP RJ-45) та обов'язково заземлювати на стороні патч-панелі чи комутатора (рис. 2.30) [15].



Рисунок 2.30 – План прокладання кабелю

Розрахунок загальної довжини кабелю:

- IPCAM_1 – 35m;
- IPCAM_2 – 60m;
- IPCAM_3 – 70m;
- IPCAM_4 – 45m;
- IPCAM_5 – 35m;
- IPCAM_6 – 45m;
- IPCAM_7 – 20m;
- IPCAM_8 – 10m;
- IPCAM_9 – 10m;
- IPCAM_10 – 20m;
- IPCAM_11 – 45m;
- IPCAM_12 – 35m;
- IPCAM_13 – 35m;
- IPCAM_14 – 45m;
- IPCAM_15 – 70m;

IPCAM_16 – 60m;

IPCAM_17 – 45m;

IPCAM_18 – 25m;

IPCAM_19 – 25m;

IPCAM_20 – 15m;

IPCAM_21 – 10m;

IPCAM_22 – 6m;

IPCAM_23 – 6m;

IPCAM_24 – 65m.

Що в сумі дає приблизно 840 метрів.

AP_1 – 40m;

AP_2 – 55m;

AP_3 – 55m;

AP_4 – 55m;

AP_5 – 55m;

Що в сумі дає приблизно 260 метрів.

TV_1 – 10m;

TV_2 – 40m;

TV_3 – 40m;

TV_4 – 40m;

TV_5 – 40m;

TV_6 – 30m;

TV_7 – 30m;

TV_8 – 40m;

TV_9 – 40m;

Що в сумі дає приблизно 310 метрів.

PC_1 + MFP_1 – $10m * 2 = 20m$;

PC_2 + MFP_2 – $55m * 2 = 110m$;

PC_33 + MFP_3 – $50m * 2 = 100m$;

PC_93 + MFP_4 – $50m * 2 = 100m$;

$$PC_94 + MFP_5 - 55m*2 = 110m;$$

Що в сумі дає приблизно 440 метрів.

$$PC_3-5 - 50m*3 = 150m;$$

$$PC_6-8 - 55m*3 = 165m;$$

$$PC_9-11 - 60m*3 = 180m;$$

$$PC_12-14 - 65m*3 = 195m;$$

$$PC_15-17 - 70m*3 = 210m;$$

$$PC_18-20 - 35m*3 = 105m;$$

$$PC_21-23 - 40m*3 = 120m;$$

$$PC_24-26 - 45m*3 = 135m;$$

$$PC_27-29 - 50m*3 = 150m;$$

$$PC_30-32 - 55m*3 = 165m;$$

$$PC_34-36 - 45m*3 = 135m;$$

$$PC_37-39 - 40m*3 = 120m;$$

$$PC_40-42 - 35m*3 = 105m;$$

$$PC_43-45 - 30m*3 = 90m;$$

$$PC_46-48 - 25m*3 = 75m;$$

$$PC_47-49 - 35m*3 = 105m;$$

$$PC_50-52 - 30m*3 = 90m;$$

$$PC_53-55 - 25m*3 = 75m;$$

$$PC_56-58 - 20m*3 = 60m;$$

$$PC_59-62 - 15m*3 = 45m;$$

$$PC_63-65 - 35m*3 = 105m;$$

$$PC_66-68 - 30m*3 = 90m;$$

$$PC_69-71 - 25m*3 = 75m;$$

$$PC_72-74 - 20m*3 = 60m;$$

$$PC_75-77 - 15m*3 = 45m;$$

$$PC_78-80 - 25m*3 = 75m;$$

$$PC_81-83 - 30m*3 = 90m;$$

$$PC_84-86 - 35m*3 = 105m;$$

PC_87-89 – $40\text{m} \cdot 3 = 120\text{m}$;

PC_90-92 – $45\text{m} \cdot 3 = 135\text{m}$;

PC_95-97 – $35\text{m} \cdot 3 = 105\text{m}$;

PC_98-100 – $40\text{m} \cdot 3 = 120\text{m}$;

PC_101-103 – $45\text{m} \cdot 3 = 135\text{m}$;

PC_104-106 – $50\text{m} \cdot 3 = 150\text{m}$;

PC_107-109 – $55\text{m} \cdot 3 = 165\text{m}$;

PC_110-112 – $50\text{m} \cdot 3 = 150\text{m}$;

PC_113-115 – $45\text{m} \cdot 3 = 135\text{m}$;

PC_116-118 – $40\text{m} \cdot 3 = 120\text{m}$;

PC_119-121 – $65\text{m} \cdot 3 = 195\text{m}$;

PC_122-124 – $70\text{m} \cdot 3 = 210\text{m}$;

Що в сумі дає приблизно 4860 метрів.

Загальна довжина кабельних ліній становить приблизно 6710 м.

Для побудови структурованої кабельної системи загальна довжина кабельних ліній становить 6710 м. З урахуванням того, що кабель Одескабель КПВнг-НГЭ-ВП (200) $4 \times 2 \times 0,51$ (F/UTP Cat.5e LSFRON) постачається в бухтах по 305 м, для реалізації проекту необхідно 22 бухти кабелю. Такий запас забезпечує прокладання всіх кабельних трас, виконання монтажних робіт та створення резерву для підключення обладнання.

Прокладання кабельної системи виконується відповідно до плану будівлі та вимог структурованих кабельних систем. Усі кабельні лінії прокладаються від телекомунікаційної шафи, розташованої в серверній кімнаті, до кінцевих мережевих пристроїв за топологією «зірка».

Для прокладання кабельних ліній локальної мережі у проекті використовується парапетний кабельний канал ПВХ КОРОС РК 160×65 мм білого кольору. Кабельний канал призначений для відкритого монтажу кабельної системи та забезпечує надійний захист кабелів від механічних пошкоджень і зовнішніх впливів [14, 16].



Рисунок 2.31 – Кабельний канал ПВХ КОПОС РК 160×65 мм білого кольору

Кабельний канал виготовлений із міцного полівінілхлориду (ПВХ), що характеризується високою зносостійкістю, довговічністю та стійкістю до займання. Розміри 160×65 мм дозволяють прокласти необхідну кількість кабелів локальної мережі із запасом для подальшого розширення кабельної системи.

Монтаж кабельного каналу здійснюється вздовж стін навчальних приміщень і коридорів, що забезпечує акуратне розміщення кабельних трас, зручність технічного обслуговування та швидкий доступ до кабелів у разі модернізації або ремонту мережі.

Використання кабельного каналу КОПОС РК 160×65 мм забезпечує впорядковане прокладання кабельної системи, підвищує безпеку експлуатації локальної мережі та покращує естетичний вигляд приміщень навчального закладу інформаційною розеткою RJ-45 [16].

Таблиця 2.2 – Загальний перелік пасивного обладнання

№	Найменування обладнання	Кількість, шт	Рекомендована вартість за одиницю, \$	Посилання
1	Шафа UA-MGSE2468MB 19" 24U, 610 x 865 мм	1	840.00	https://viatec.ua/product/UA-MGSE2468MB
2	Патч-панель 19" 24xRJ-45 FTP кат. 5е	7	55.00	https://viatec.ua/product/patch-panel-24-rj45
3	Кабельний організатор 1U металевий перфорований з кришкою, чорний 1U	8	11.00	https://viatec.ua/product/CMS-UA-CMS-CM-04BK
4	Кабель Одескабель КПВнг-НФЭ-ВП (200) 4*2*0,51 (F/UTP-cat.5E LSFROH) бухта 305м	22	255.00	https://viatec.ua/product/odes-kpv-vp-42051-FUTP-LSFROH-cat5e
5	Розетка RJ45 cat.5e модульна 45×22,5 мм Quadro біла, КОPOS	130	10.00	https://001.com.ua/uk/rozetka-rj45-cat-5e-modulna-45x22-5-mm-quadro-bila-kopos
6	Розетка комп'ютерна (RJ45) кат.5е UTP Asfora біла, Schneider Electric	10	8.00	https://001.com.ua/uk/rozetka-kompyuterna-rj45-kat-5e-utp-asfora-bila-schneider-electric
7	Розетка з заземленням і шторками модульна 45×45 мм Quadro біла, КОPOS	200	8.00	https://001.com.ua/uk/rozetka-z-zazemlenniam-i-shtorkamy-modulna-45x45-mm-quadro-bila-kopos
8	Кабельний канал парпетний ПВХ 160×65 мм РК білий, КОPOS	200m	20.00	https://001.com.ua/uk/kabelnyy-kanal-parapetnyy-pvh-160x65-mm-pk-bilyy-kopos
9	Заглушка ПВХ до парпетних кабельних каналів РК 160×65 мм біла, КОPOS	200	2.30	https://001.com.ua/uk/zaglushka-pvh-do-parapetnyh-kabelnyh-kanaliv-pk-160x65-mm-bila-kopos#chars
10	Конектор	23	123.00	https://ajax.systems.ua/products/specs/turretcam-5-mp-2-8-mm/
11	Патч-корд сірий FTP, 1 м, кат. 5е	150	1.50	https://viatec.ua/product/ftp-cat5e-1m
12	Патч-корд сірий FTP, 3 м, кат. 5е	100	3.50	https://viatec.ua/product/ftp-cat5e-3m
13	Патч-корд сірий FTP, 5 м, кат. 5е	50	4.00	https://viatec.ua/product/ftp-cat5e-5m

2.3 IP-адресація мережі

Для забезпечення коректної роботи локальної мережі розроблено схему IP-адресації, яка передбачає використання приватного адресного простору відповідно до вимог RFC 1918. Використання приватних IP-адрес дозволяє ефективно організувати взаємодію мережних пристроїв, забезпечити централізоване адміністрування та можливість подальшого розширення мережі без зміни її архітектури [16].

Адресний простір поділено між серверним обладнанням, мережевими пристроями та робочими станціями. Для автоматичного призначення адрес користувачьким пристроям використовується служба DHCP, тоді як сервери та активне мережеве обладнання отримують статичні IP-адреси [17].

2.3.1 Вибір діапазону IP-адрес

Для організації локальної мережі було обрано приватний адресний простір 10.0.0.0/8, який відповідно до стандарту RFC 1918 призначений для використання у внутрішніх мережах. Використання приватних IP-адрес забезпечує ефективне використання адресного простору, підвищує рівень безпеки та дозволяє організувати вихід до мережі Інтернет через механізм трансляції мережних адрес (NAT).

З метою підвищення продуктивності мережі та забезпечення логічного розподілу користувачів і мережних сервісів адресний простір поділено на окремі підмережі (VLAN). Кожна VLAN має власний діапазон IP-адрес і використовується для обслуговування окремого сегмента мережі.

У проєкті використовуються такі підмережі:

- 1.1.1.0/30 – мережа каналу зв'язку між маршрутизатором провайдера та маршрутизатором локальної мережі;
- 10.0.5.0/24 – мережа системи відеоспостереження, до якої підключено IP-камери та відеореєстратори;

- 10.0.10.0/26 – мережа VLAN 10 для комп’ютерного класу Classroom A;
- 10.0.20.0/26 – мережа VLAN 20 для комп’ютерного класу Classroom B;
- 10.0.30.0/26 – мережа VLAN 30 для комп’ютерного класу Classroom C;
- 10.0.40.0/26 – мережа VLAN 40 для комп’ютерного класу Classroom D;
- 10.0.50.0/24 – мережа VLAN 50 для бездротової мережі Wi-Fi.

Для мереж 10.0.10.0/26-10.0.40.0/26 використано маску 255.255.255.192, яка забезпечує до 62 доступних IP-адрес, що повністю задовольняє потреби відповідних комп’ютерних класів. Для інших сегментів застосовано маску 255.255.255.0 (/24), яка дозволяє використовувати до 254 вузлів у кожній підмережі та забезпечує резерв адрес для подальшого розвитку мережі.

Обрана схема IP-адресації забезпечує раціональний розподіл адресного простору, ізоляцію мережевого трафіку між VLAN, спрощує адміністрування мережі та створює можливість її масштабування без зміни існуючої структури адресації. Такий підхід відповідає сучасним вимогам до побудови корпоративних локальних мереж і забезпечує надійну роботу всіх мережних сервісів [17].

2.3.2 Таблиця IP-адрес

Для забезпечення впорядкованої адресації та спрощення адміністрування локальної мережі кожній VLAN призначено окремий діапазон IP-адрес. Як шлюз за замовчуванням використовується перша доступна адреса кожної підмережі. Такий підхід дозволяє ефективно організувати маршрутизацію між сегментами мережі та забезпечує можливість її подальшого розширення.

Таблиця 2.3 – План IP-адресації мережі

VLAN	Призначення	Адреса мережі	Маска підмережі	Діапазон IP-адрес	Шлюз
WAN	З’єднання з провайдером	1.1.1.0/30	255.255.255.252	1.1.1.1–1.1.1.2	1.1.1.1

Продовження таблиці 2.3.

VLAN 5	Відеоспостереження	10.0.5.0/24	255.255.255.0	10.0.5.1–10.0.5.254	10.0.5.1
VLAN 10	Classroom A	10.0.10.0/26	255.255.255.192	10.0.10.1–10.0.10.62	10.0.10.1
VLAN 20	Classroom B	10.0.20.0/26	255.255.255.192	10.0.20.1–10.0.20.62	10.0.20.1
VLAN 30	Classroom C	10.0.30.0/26	255.255.255.192	10.0.30.1–10.0.30.62	10.0.30.1
VLAN 40	Classroom D	10.0.40.0/26	255.255.255.192	10.0.40.1–10.0.40.62	10.0.40.1
VLAN 50	Wi-Fi	10.0.50.0/24	255.255.255.0	10.0.50.1–10.0.50.254	10.0.50.1

2.3.3 DHCP

Для автоматичного налаштування параметрів мережного підключення використовується протокол DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol). DHCP-сервер автоматично призначає клієнтським пристроям IP-адреси, маску підмережі, адресу шлюзу за замовчуванням та DNS-сервер. Це дозволяє значно спростити адміністрування мережі та виключити помилки, пов'язані з ручним налаштуванням мережних параметрів.

Для кожної користувацької VLAN створюється окремий пул IP-адрес, що відповідає її адресному простору. Адреси видаються динамічно робочим станціям, ноутбукам та мобільним пристроям, підключеним до відповідної мережі.

Таблиця 2.4 – DHCP-пули

VLAN	DHCP-пул
VLAN 10	10.0.10.2 – 10.0.10.62
VLAN 20	10.0.20.2 – 10.0.20.62
VLAN 30	10.0.30.2 – 10.0.30.62
VLAN 40	10.0.40.2 – 10.0.40.62
VLAN 50	10.0.50.100 – 10.0.50.254

2.3.4 Статичні адреси для серверів та мережевого обладнання

Для забезпечення стабільної роботи мережних сервісів маршрутизатор, комутатори, точки бездротового доступу, сервери та обладнання системи відеоспостереження використовують статичні IP-адреси. Це забезпечує їх постійну доступність у мережі, спрощує адміністрування та дозволяє коректно налаштувати маршрутизацію, моніторинг і віддалене керування [17].

Таблиця 2.5 – Статична IP-адресація

Пристрій	IP-адреса
Маршрутизатор (LAN)	10.0.5.1/24; 10.0.10.1/26; 10.0.20.1/26; 10.0.30.1/26; 10.0.40.1/26; 10.0.50.1/24
Точка доступу Wi-Fi	10.0.50.10/24 – 10.0.50.15/24
Відеореєстратор №1	10.0.5.2/24
Відеореєстратор №2	10.0.5.3/24
IP-камери	10.0.5.101/24 – 10.0.5.125/24

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

У ході виконання другого розділу було підібрано обладнання, необхідне для побудови локальної мережі. Вибір здійснювався з урахуванням кількості робочих місць, вимог до продуктивності та можливості подальшого розширення мережі. Крім активного обладнання, було визначено склад структурованої кабельної системи та схему адресації. У результаті сформовано комплект технічних засобів, який забезпечує стабільну роботу мережі та відповідає поставленим вимогам.

3 НАЛАШТУВАННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ МЕРЕЖІ

3.1 Розробка мережі в Cisco Packet Tracer

Для перевірки працездатності розробленої локальної мережі було використано програмне середовище Cisco Packet Tracer. Дане програмне забезпечення дозволяє створювати моделі комп'ютерних мереж, налаштовувати активне мережне обладнання Cisco та перевіряти працездатність мережної інфраструктури без використання фізичного обладнання.

Під час моделювання було відтворено топологію мережі відповідно до розробленого проекту, виконано налаштування маршрутизатора, комутаторів, VLAN, DHCP, а також перевірено взаємодію між усіма сегментами мережі [18, 19].

3.1.1 Побудова схеми

На першому етапі було створено структурну схему локальної мережі відповідно до технічного завдання. У середовищі Cisco Packet Tracer розміщено всі необхідні мережеві пристрої, зокрема маршрутизатор, комутатори, точки бездротового доступу, сервери, персональні комп'ютери та обладнання системи відеоспостереження.

Для підвищення продуктивності та безпеки мережу поділено на окремі VLAN відповідно до функціонального призначення:

- VLAN 5 – система відеоспостереження.
- VLAN 10 – комп'ютерний клас Classroom A;
- VLAN 20 – комп'ютерний клас Classroom B;
- VLAN 30 – комп'ютерний клас Classroom C;
- VLAN 40 – комп'ютерний клас Classroom D;
- VLAN 50 – бездротова мережа Wi-Fi;

Після розміщення всіх пристроїв було виконано логічне групування обладнання відповідно до його призначення та забезпечено підготовку до подальшого налаштування мережних сервісів.

На рис. 3.1 наведено побудовану схему локальної мережі в середовищі Cisco Packet Tracer.

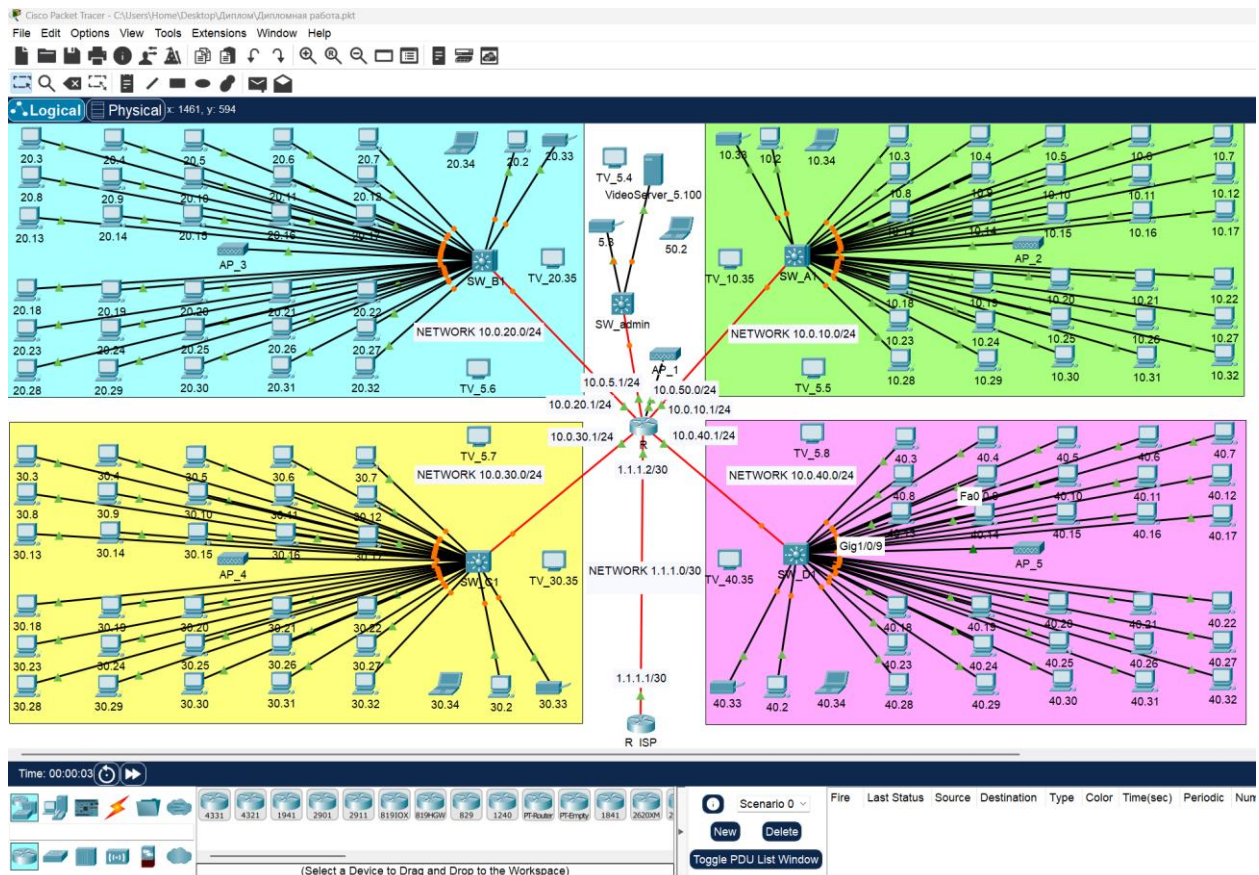


Рисунок 3.1 – Схема локальної мережі в середовищі Cisco Packet Tracer

3.1.2 Підключення обладнання

Після побудови топології мережі було виконано фізичне підключення всіх мережних пристроїв відповідно до розробленої схеми.

З'єднання між маршрутизатором та комутаторами реалізовано за допомогою волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ) із використанням SFP-модулів. Застосування оптичних каналів забезпечує високу швидкість передачі

даних, мінімальні втрати сигналу на значних відстанях та стійкість до електромагнітних завад.

У проєкті кожна локальна мережа підключена до окремого інтерфейсу маршрутизатора, на якому налаштовано власну IP-адресу, що виконує функцію шлюзу за замовчуванням. Такий підхід дозволяє організувати маршрутизацію між окремими підмережами без використання технології VLAN.

Мережа відеоспостереження 10.0.5.0/24 також підключена до маршрутизатора через окремий інтерфейс або окремий комутатор (залежно від реалізованої схеми) та використовує шлюз 10.0.5.1.

Після завершення фізичного підключення було перевірено коректність з'єднань за допомогою індикаторів стану портів у Cisco Packet Tracer. Усі мережеві інтерфейси перейшли до активного стану (Up), що підтвердило правильність виконаного підключення та готовність мережі до подальшого налаштування.

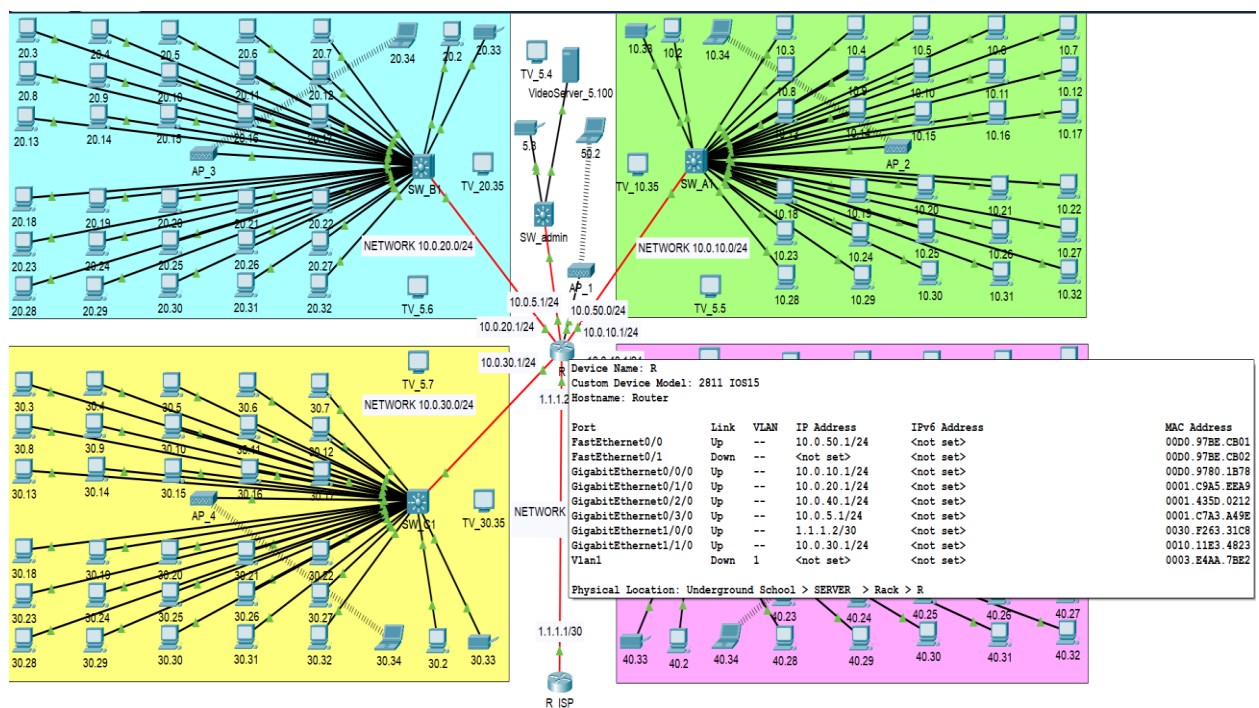


Рисунок 3.2 – Схема підключення обладнання після завершення монтажу в Cisco Packet Tracer

3.2 Налаштування мережного обладнання

Після побудови моделі локальної мережі в середовищі Cisco Packet Tracer було виконано налаштування активного мережного обладнання. До основних етапів належали конфігурація маршрутизатора, налаштування комутаторів, а також підключення та конфігурування системи відеоспостереження. Усі параметри мережного обладнання налаштовано відповідно до розробленого плану IP-адресації.

3.2.1 Налаштування маршрутизатора

Маршрутизатор є центральним елементом локальної мережі та забезпечує взаємодію між окремими підмережами, а також доступ до зовнішньої мережі через інтерфейс провайдера.

На маршрутизаторі налаштовано шість логічних мережевих інтерфейсів, кожен із яких виконує функцію шлюзу за замовчуванням для відповідної підмережі:

Крім призначення IP-адрес інтерфейсам, на маршрутизаторі налаштовано статичний маршрут до провайдера та параметри доступу до мережі Інтернет. Для користувацьких мереж також активовано службу DHCP, яка автоматично призначає параметри мережі кінцевим пристроям.

Таблиця 3.1 – Логічні мережні інтерфейси на маршрутизаторі

Інтерфейс	IP-адреса	Призначення
WAN	1.1.1.2/30	Підключення до провайдера
VLAN 5	10.0.5.1/24	Система відеоспостереження
VLAN 10	10.0.10.1/26	Classroom A
VLAN 20	10.0.20.1/26	Classroom B

Продовження таблиці 3.1.

VLAN 30	10.0.30.1/26	Classroom C
VLAN 40	10.0.40.1/26	Classroom D
VLAN 50	10.0.50.1/26	Бездротова мережа Wi-Fi

3.2.2 Налаштування комутаторів

Комутатори використовуються для підключення кінцевих пристроїв у кожній підмережі та забезпечують передавання кадрів Ethernet між підключеним обладнанням. Кожен комутатор підключений до відповідного інтерфейсу маршрутизатора через волоконно-оптичну лінію зв'язку. До комутаторів підключено персональні комп'ютери, мережеві принтери, точки бездротового доступу та інше обладнання за допомогою кабелю «вита пара» категорії Cat.5e.

Під час налаштування комутаторів виконано:

- призначення IP-адрес для керування (за необхідності);
- налаштування швидкості та режиму роботи портів;
- перевірку працездатності всіх мережевих інтерфейсів;
- тестування обміну даними між підключеними пристроями.

Після завершення конфігурації всі порти комутаторів перейшли до активного стану, що підтвердило правильність виконаних налаштувань [18].

3.2.3 Налаштування відеореєстратора та IP-камер

Для організації системи відеоспостереження використовується окрема підмережа 10.0.5.0/24, до якої підключено два відеореєстратори та двадцять чотири IP-камери.

Усі пристрої системи відеоспостереження отримали статичні IP-адреси, що забезпечує їх постійну доступність у мережі та спрощує адміністрування.

Таблиця 3.2 – Розподіл IP-адрес системи відеоспостереження

Пристрій	IP-адреса
Шлюз мережі	10.0.5.1
Відеореєстратор №1	10.0.5.2
Відеореєстратор №2	10.0.5.3
IP-камери	10.0.5.101–10.0.5.125

3.3 Тестування роботи мережі

Після завершення налаштування мережного обладнання було проведено тестування працездатності локальної мережі в середовищі Cisco Packet Tracer. Метою тестування було підтвердження правильності виконаних налаштувань, перевірка маршрутизації між підмережами, коректності роботи служби DHCP та доступності всіх мережних пристроїв.

Під час тестування використовувалися вбудовані засоби Cisco Packet Tracer, зокрема команди ping, ipconfig, а також режим Simulation, який дозволяє проаналізувати проходження пакетів між вузлами мережі [18].

3.3.1 Перевірка зв'язності та перевірка DHCP

Перевірку зв'язності виконано за допомогою команди ping між робочими станціями, маршрутизатором, серверами та обладнанням системи відеоспостереження. Усі пристрої успішно відповідали на ICMP-запити, що підтвердило правильність налаштування IP-адресації та маршрутизації між підмережами.

На рис. 3.3 наведено результати виконання команди ping, а на рис.3.4 – приклад автоматичного отримання мережних параметрів за допомогою DHCP.

```

Cisco Packet Tracer PC Command Line 1.0
C:\>ipconfig

FastEthernet0 Connection: (default port)

    Connection-specific DNS Suffix...:
    Link-local IPv6 Address...: FE80::2D0:BCFF:FE87:DEC3
    IPv6 Address...: ::
    Subnet Mask...: 10.0.10.5
    Subnet Mask...: 255.255.255.0
    Default Gateway...: ::
    Default Gateway...: 10.0.10.1

Bluetooth Connection:

    Connection-specific DNS Suffix...:
    Link-local IPv6 Address...: ::
    IPv6 Address...: ::
    IPv4 Address...: 0.0.0.0
    Subnet Mask...: 0.0.0.0
    Default Gateway...: ::
    Default Gateway...: 0.0.0.0

C:\>ping 10.0.10.2

Pinging 10.0.10.2 with 32 bytes of data:

Reply from 10.0.10.2: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 10.0.10.2: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 10.0.10.2: bytes=32 time<1ms TTL=128
Reply from 10.0.10.2: bytes=32 time<1ms TTL=128

Ping statistics for 10.0.10.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
    Approximate round trip times in milli-seconds:
        Minimum = 0ms, Maximum = 0ms, Average = 0ms

```

Рисунок 3.3 – Результати виконання команди ping

Також перевірено функціонування служби DHCP. Після підключення клієнтських комп'ютерів до мережі вони автоматично отримали необхідні мережні параметри:

- IP-адресу;
- маску підмережі;
- адресу шлюзу за замовчуванням;
- адресу DNS-сервера.

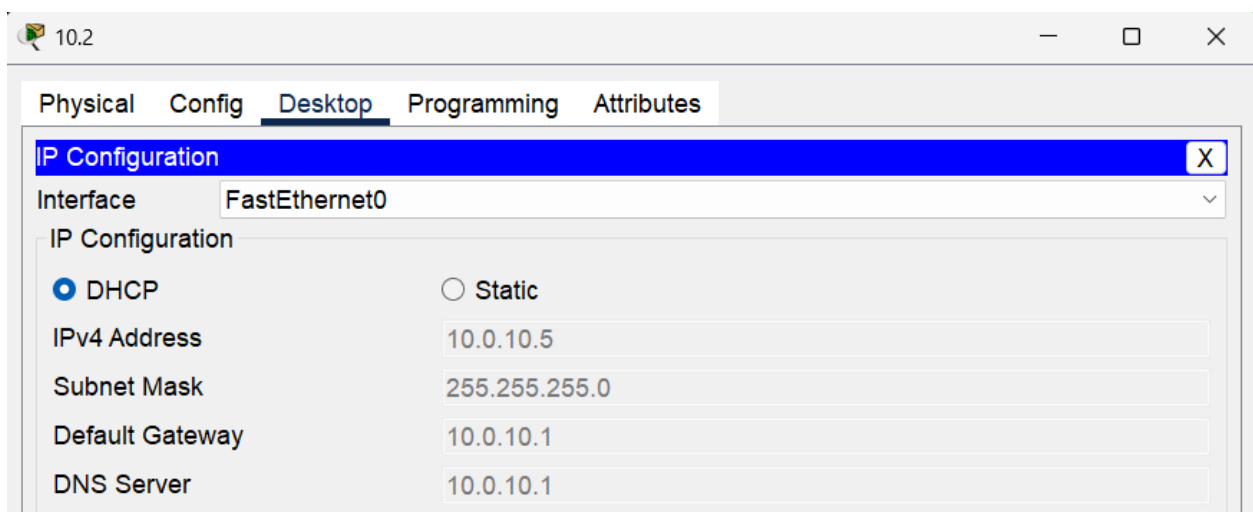


Рисунок 3.4 – Автоматичне отримання мережевих параметрів за допомогою DHCP.

Отримані параметри відповідали налаштуванням DHCP-пулів для відповідних підмереж. Дублювання або конфліктів IP-адрес під час тестування не виявлено.

Крім цього, було перевірено доступність шлюзів за замовчуванням для кожної підмережі, а також можливість обміну даними між окремими сегментами мережі. Усі перевірки завершилися успішно.

3.3.2 Результати моделювання

За результатами моделювання в середовищі Cisco Packet Tracer встановлено, що розроблена локальна мережа функціонує відповідно до поставлених вимог. Усі мережеві пристрої були успішно підключені та коректно взаємодіяли між собою.

Під час тестування підтверджено:

- коректне функціонування маршрутизатора та комутаторів;
- успішне автоматичне призначення IP-адрес клієнтським пристроям за допомогою DHCP;
- працездатність маршрутизації між усіма підмережами;
- доступність обладнання системи відеоспостереження;
- стабільний обмін даними між кінцевими пристроями без втрати пакетів.

Результати моделювання підтвердили правильність розробленої схеми мережі, обраної системи IP-адресації та конфігурації мережного обладнання. Розроблена локальна мережа забезпечує надійну передачу даних, підтримує роботу всіх підключених пристроїв і може бути використана як основа для практичної реалізації проекту [18].

На рис. 3.5 наведено результати моделювання мережі в режимі Simulation, що підтверджують успішну передачу пакетів між усіма вузлами мережі.

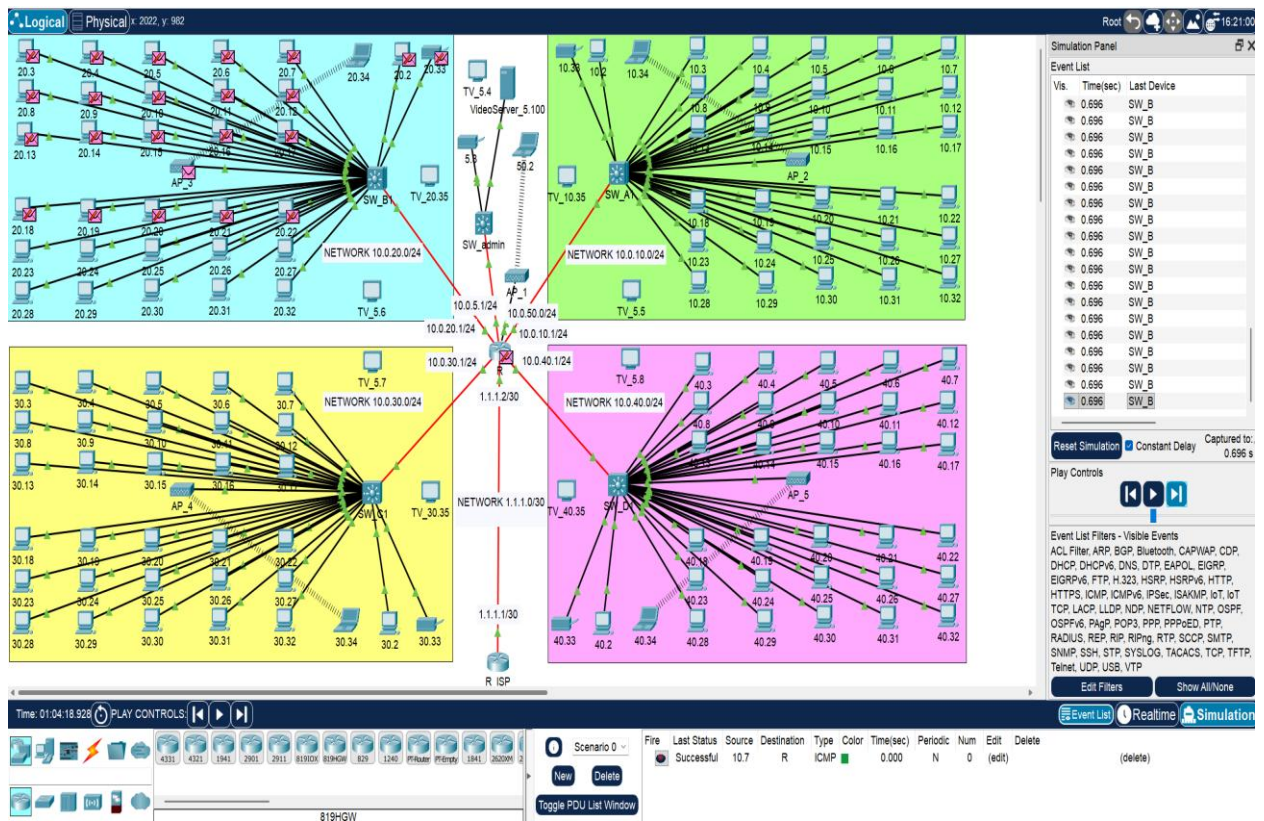


Рисунок 3.5 – Результати моделювання мережі в режимі Simulation

3.4 Аналіз отриманих результатів

Після завершення моделювання та тестування локальної мережі було проведено аналіз отриманих результатів. Оцінювання здійснювалося на основі перевірки працездатності мережі, стабільності передачі даних, коректності роботи мережевого обладнання та відповідності розробленої структури вимогам технічного завдання.

Результати моделювання в середовищі Cisco Packet Tracer підтвердили правильність обраної архітектури мережі та ефективність використаних технічних рішень. Усі мережні пристрої успішно взаємодіяли між собою, а система забезпечила стабільний обмін даними між підмережами.

3.4.1 Оцінка працездатності

Під час тестування було встановлено, що всі компоненти локальної мережі працюють коректно. Маршрутизатор забезпечує маршрутизацію між окремими підмережами, комутатори здійснюють комутацію мережного трафіку, а служба DHCP автоматично призначає IP-адреси клієнтським пристроям.

Перевірка зв'язності за допомогою команди ping підтвердила можливість обміну даними між усіма мережними сегментами. Під час моделювання не було виявлено втрати пакетів, конфліктів IP-адрес або інших помилок конфігурації.

Окремо перевірено роботу системи відеоспостереження. Усі IP-камери та відеореєстратори були доступні в мережі та забезпечували стабільний обмін даними, що свідчить про правильність налаштування відповідної підмережі.

Таким чином, результати тестування підтверджують, що розроблена локальна мережа повністю відповідає вимогам проекту та забезпечує надійне функціонування всіх підключених пристроїв [19].

3.4.2 Переваги запропонованої мережі

Запропонована мережа має низку переваг, які забезпечують її ефективну та стабільну роботу:

- використання волоконно-оптичних ліній зв'язку між маршрутизатором і комутаторами забезпечує високу пропускну здатність та надійність передачі даних;
- розподіл мережі на окремі підмережі дозволяє зменшити широкомовний трафік та спростити адміністрування;
- автоматичне призначення IP-адрес за допомогою DHCP скорочує час налаштування клієнтських пристроїв і зменшує ймовірність помилок;
- застосування статичної адресації для мережного обладнання та системи відеоспостереження забезпечує їх постійну доступність;

- використання структурованої кабельної системи на основі кабелю категорії Cat.5e гарантує підтримку сучасних швидкостей передачі даних;
- окрема підмережа для системи відеоспостереження знижує навантаження на основну локальну мережу та підвищує рівень її безпеки;
- запропонована архітектура є простою в експлуатації та технічному обслуговуванні.

3.4.3 Можливості модернізації

Запропонована мережа має достатній резерв для подальшого розвитку та модернізації. У разі збільшення кількості користувачів або розширення інфраструктури можуть бути реалізовані такі заходи;

- збільшення кількості комутаторів і робочих місць без зміни загальної структури мережі;
- впровадження комутаторів рівня L3 для підвищення продуктивності маршрутизації;
- використання мережного обладнання зі швидкістю передачі даних 10 Гбіт/с на магістральних каналах;
- організація резервного каналу зв'язку між основними мережевими вузлами для підвищення відмовостійкості;
- впровадження сучасних механізмів захисту мережі, зокрема міжмережного екрана (Firewall), систем виявлення вторгнень (IDS/IPS) та контролю доступу;
- розширення бездротової мережі шляхом встановлення додаткових точок доступу зі стандартом Wi-Fi 6;
- інтеграція системи централізованого моніторингу мережного обладнання на базі протоколу SNMP та спеціалізованого програмного забезпечення [20].

Запропоновані рішення дозволять підвищити продуктивність, надійність і безпеку мережної інфраструктури, а також забезпечать її адаптацію до майбутніх вимог і збільшення кількості користувачів та мережних сервісів.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

У третьому розділі було створено модель локальної мережі в середовищі Cisco Packet Tracer, виконано налаштування мережного обладнання та перевірено його роботу. Під час тестування підтверджено правильність обраних рішень: усі пристрої успішно взаємодіють між собою, а мережа працює без помилок. Проведений аналіз показав, що розроблений проект відповідає поставленим вимогам і може бути використаний для побудови локальної мережі навчального закладу.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено проект локальної комп'ютерної мережі навчального закладу, який забезпечує надійне функціонування інформаційної інфраструктури, доступ до мережних ресурсів, бездротової мережі Wi-Fi та системи відеоспостереження.

Під час виконання роботи було проведено аналіз вимог до сучасних локальних мереж, визначено оптимальну топологію та виконано проектування структурованої кабельної системи. Для побудови мережі обрано сучасне активне обладнання MikroTik, систему відеоспостереження Ajax, джерело безперебійного живлення FSP Champ 3K RM 3000VA, а також пасивне обладнання, що відповідає вимогам стандартів структурованих кабельних систем.

Було розроблено схему IP-адресації з використанням приватного адресного простору 10.0.0.0/8, який поділено на окремі підмережі для комп'ютерних класів, мережі Wi-Fi та системи відеоспостереження. Для автоматичного налаштування клієнтських пристроїв передбачено використання служби DHCP, а для мережного обладнання та відеореєстраторів застосовано статичну IP-адресацію.

Практична частина роботи виконана в середовищі Cisco Packet Tracer, де було побудовано модель локальної мережі, налаштовано маршрутизатор, комутатори, служби DHCP та маршрутизацію між підмережами. Магістральні з'єднання між маршрутизатором і комутаторами реалізовано за допомогою волоконно-оптичних ліній зв'язку, що забезпечує високу пропускну здатність, стійкість до електромагнітних завад та можливість подальшого розвитку мережної інфраструктури.

Під час тестування підтверджено працездатність усіх мережних сегментів, правильність маршрутизації, автоматичне отримання IP-адрес клієнтськими пристроями, а також коректне функціонування системи

відеоспостереження. Результати моделювання показали, що розроблена мережа забезпечує стабільний обмін даними між усіма підключеними пристроями та відповідає поставленим вимогам.

Запропоноване технічне рішення характеризується високою надійністю, простотою адміністрування та можливістю подальшого масштабування. За необхідності мережа може бути розширена шляхом збільшення кількості робочих місць, встановлення додаткових комутаторів, точок бездротового доступу, серверного обладнання або інтеграції сучасних засобів інформаційної безпеки.

Поставлену мету роботи досягнуто, а всі визначені завдання виконано в повному обсязі. Розроблений проект може бути використаний як основа для практичного впровадження локальної комп'ютерної мережі в навчальному закладі та забезпечує ефективну, безпечну й надійну роботу мережної інфраструктури.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Таненбаум Е., Везеролл Д. Комп'ютерні мережі. 5-те вид. Київ: Видавнича група BHV, 2017. 960 с.
2. Оліфер В. Г., Оліфер Н. О. Комп'ютерні мережі. Принципи, технології, протоколи. 5-те вид. Київ : Бук-Літера, 2019. 992 с.
3. Кулаков Ю. О., Омелянський В. Б. Комп'ютерні мережі. Київ: Інформатика, 2016. 412 с.
4. MikroTik RouterOS Documentation. Режим доступу до ресурсу: <https://help.mikrotik.com/docs/>
5. MikroTik RouterBOARD RB4011iGS+5HacQ2HnD-IN. Режим доступу до ресурсу: https://mikrotik.com/product/rb4011igs_5hacq2hnd_in
6. MikroTik Cloud Router Switch CRS354-48G-4S+2Q+RM. Режим доступу до ресурсу: https://mikrotik.com/product/crs354_48g_4splus2qplusrm
7. MikroTik Cloud Router Switch CRS328-24P-4S+RM. Режим доступу до ресурсу: https://mikrotik.com/product/crs328_24p_4s_rm
8. MikroTik cAP ac. Режим доступу до ресурсу: https://mikrotik.com/product/cap_ac
9. Ajax Systems. BulletCam. Режим доступу до ресурсу: <https://ajax.systems/products/bulletcam/>
10. Ajax Systems. TurretCam. Режим доступу до ресурсу: <https://ajax.systems/products/turretcam/>
11. Ajax Systems. NVR. Режим доступу до ресурсу: <https://ajax.systems/products/nvr/>
12. FSP Group. FSP Champ 3K RM 3000VA. Режим доступу до ресурсу: <https://www.fsp-group.com/>
13. Schneider Electric. Asfora. Режим доступу до ресурсу: <https://www.se.com/ua/uk/>

- 14.KOPOS Kolín. Кабельні системи. Режим доступу до ресурсу:
<https://www.kopos.com/>
- 15.Одескабель. Каталог продукції. Режим доступу до ресурсу:
<https://odeskabel.com/>
- 16.RFC 1918. Address Allocation for Private Internets. Режим доступу до ресурсу: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1918>
- 17.RFC 2131. Dynamic Host Configuration Protocol. Режим доступу до ресурсу: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2131>
- 18.RFC 1035. Domain Names – Implementation and Specification. Режим доступу до ресурсу: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1035>
- 19.Cisco Packet Tracer. Cisco Networking Academy. Режим доступу до ресурсу: <https://www.netacad.com/courses/packet-tracer>
- 20.Cisco Networking Academy. Introduction to Networks. Режим доступу до ресурсу: <https://www.netacad.com/>