Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет комп'ютерних та інформаційних технологій
(повне найменування факультету)

Кафедра комп'ютерної інженерії та охоронних систем
(повне найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

ПРОЄКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОТОКОЛУ IPV6

DESIGNING AN ENTERPRISE COMPUTER NETWORK USING THE IPV6 PROTOCOL

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

освітня програма Комп'ютерна інженерія
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи КІ-41
Лисюк Олександр Олександрович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Багнюк Наталія Володимирівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«_____» червня 2026 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Лавренчук Світлана Василівна

(підпис)

Луцьк – 2026 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет *комп'ютерних та інформаційних технологій*
Кафедра *комп'ютерної інженерії та безпеки*
Ступінь вищої освіти: *бакалавр*
Галузь знань: *12 Інформаційні технології*
Спеціальність: *123 Комп'ютерна інженерія*
Освітня програма: *«Комп'ютерна інженерія»*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ доц. Т. Терлецький
« 23 » 12 2025 р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Лисюку Олександру Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *Проєктування комп'ютерної мережі підприємства з використанням протоколу IPv6*

Керівник роботи *к.т.н., доцент Багнюк Наталія Володимирівна*

затверджені наказом закладу вищої освіти від «20» грудня 2025 року № 536/01-02
2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 28.05.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: *джерелом розробки є науково-технічна література та публікації в періодичних виданнях з даного питання, опубліковані зарубіжні та вітчизняні роботи в даній області, різні інтернет-ресурси технічного спрямування.*

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Вступ
Теоретичні основи побудови комп'ютерних мереж та використання IPv6
Структура підприємства та логічна топологія
Реалізація проєкту мережі підприємства
Висновки

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:
Опис структури підприємства
Логічна топологія мережі
Реалізація проєкту мережі
Практична реалізація мережі IPv6: VLAN, DHCPv6 та OSPFv3

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Теоретичні основи побудови комп'ютерних мереж та використання IPv6	*Багнюк Н. В., доцент*		
Структура підприємства та логічна топологія	*Багнюк Н. В., доцент*		
Реалізація проєкту мережі підприємства	*Багнюк Н .В., доцент*		
Нормоконтроль	*Багнюк Н. В., доцент*		
Гарант ОП	*Лавренчук С. В., доцент*		
Показник запозичень тексту	***___%***		
Академічна доброчесність	*Міскевич О. І., ст. викладач*		

7. Дата видачі завдання 23.12.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	*Огляд літератури із досліджуваної проблеми, аналіз предметної області та наявних рішень*	до 10.02.2026 р.	
2.	*Теоретичні основи побудови комп'ютерних мереж та використання IPv6*	до 02.03.2026 р.	
3.	*Структура підприємства та логічна топологія*	до 02.04.2026 р.	
4.	*Реалізація проєкту мережі підприємства*	до 10.04.2026 р.	
5.	*Представлення остаточного варіанту кваліфікаційної роботи керівникові*	до 01.05.2026 р.	
6.	*Нормоконтроль*	до 23.05.2026 р.	
7.	*Інструментальна перевірка на академічний плагіат*	до 20.05.2026 р.	
8.	*Здача кваліфікаційної роботи та всіх супровідних документів на кафедру*	до 28.05.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ Олександр ЛИСЮК
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи _____ Наталія БАГНЮК
(підпис) (прізвище, ініціали)

АНОТАЦІЯ

Лисюк О. О. Проєктування комп’ютерної мережі підприємства з використанням протоколу IPv6. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Комп’ютерна інженерія» спеціальності 123 Комп’ютерна інженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2026.

Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатку.

У першому розділі досліджено теоретичні основи побудови комп’ютерних мереж з використанням IPv6, проведено порівняльний аналіз протоколів IPv4 та IPv6, визначено особливості IPv6-адресації, методи маршрутизації в IPv6-мережах та переваги впровадження нового протоколу в мережі підприємства.

У другому розділі виконано аналіз структури підприємства та розроблено логічну топологію мережі, розглянуто перспективи подальшого розширення мережевої інфраструктури підприємства.

У третьому розділі реалізовано проєкт комп’ютерної мережі підприємства. Проведено налаштування VLAN на комутаторах поверхів, реалізовано DHCPv6 з відстеженням стану для автоматичного призначення IPv6-адрес, а також налаштовано маршрутизацію з використанням протоколу OSPFv3 для забезпечення взаємодії між сегментами мережі та підтримки IPv6-маршрутизації. Результатом роботи є розроблений проєкт сучасної корпоративної мережі з використанням IPv6, який забезпечує ефективну маршрутизацію, масштабованість, підвищений рівень безпеки та можливість подальшого розвитку мережевої інфраструктури підприємства.

Ключові слова: комп’ютерна мережа, IPv6, VLAN, DHCPv6, OSPFv3, маршрутизація, мережева інфраструктура, комутатор, корпоративна мережа, Cisco.

ANNOTATION

Lysiuk O. Designing an enterprise computer network using the IPv6 protocol. Manuscript.

Qualification work of a bachelor of the specialty "Computer Engineering" of the specialty 123 Computer Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2026.

The qualification work consists of an introduction, three sections, conclusions, a list of sources used, an appendix.

The first section examines the theoretical foundations of building computer networks using IPv6, conducts a comparative analysis of the IPv4 and IPv6 protocols, identifies the features of IPv6 addressing, routing methods in

IPv6 networks and the advantages of implementing a new protocol in the enterprise network.

In the second section, an analysis of the enterprise structure is performed and a logical network topology is developed, and prospects for further expansion of the enterprise's network infrastructure are considered.

In the third section, a project for an enterprise computer network is implemented. VLAN settings were made on floor switches, DHCPv6 with stateful tracking was implemented for automatic assignment of IPv6 addresses, and routing was configured using the OSPFv3 protocol to ensure interaction between network segments and support for

IPv6 routing. The result of the work is a developed project of a modern corporate network using IPv6, which provides effective routing, scalability, increased security, and the possibility of further development of the enterprise's network infrastructure.

Keywords: computer network, IPv6, VLAN, DHCPv6, OSPFv3, routing, network infrastructure, switch, corporate network,

ЗМІСТ

ВСТУП

У зв’язку з активним розвитком цифрових сервісів, хмарних технологій, систем автоматизації та засобів дистанційної взаємодії виникає потреба у впровадженні новітніх мережевих рішень, здатних забезпечити ефективне функціонування інформаційної інфраструктури організацій. Одним із ключових напрямів розвитку сучасних мереж є перехід від протоколу IPv4 до IPv6, який дозволяє усунути обмеження адресного простору та забезпечує покращені можливості маршрутизації, безпеки й автоматизації налаштування мережі.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи полягає у необхідності проєктування сучасних комп’ютерних мереж підприємств із використанням протоколу IPv6, що забезпечує підвищення продуктивності мережевої інфраструктури, оптимізацію процесів маршрутизації та створення умов для подальшого масштабування мережі. Використання IPv6 є важливим етапом розвитку комп’ютерних мереж, оскільки дозволяє реалізувати ефективне адресування великої кількості пристроїв, спростити адміністрування мережі та забезпечити підтримку сучасних інформаційних сервісів.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження та проєктування комп’ютерної мережі підприємства з використанням сучасних мережевих технологій і протоколу IPv6 для забезпечення ефективного, надійного та масштабованого функціонування мережевої інфраструктури.

Об’єктом дослідження є комп’ютерна мережа підприємств та принципи її функціонування.

Предметом дослідження є сучасні технології та методи проєктування й організації комп’ютерних мереж підприємств.

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно виконати такі завдання:

– дослідити методи маршрутизації в IPv6-мережах;

– розробити структуру підприємства та логічну топологію мережі;

– виконати сегментацію мережі за допомогою VLAN;

– налаштувати DHCPv6 з відстеженням стану;

– реалізувати маршрутизацію з використанням протоколу OSPFv3;

– оцінити перспективи розширення мережевої інфраструктури підприємства.

У процесі виконання кваліфікаційної роботи використовувалися методи аналізу науково-технічної літератури, моделювання комп’ютерних мереж, логічного проєктування мережевої інфраструктури та практичного налаштування мережевого обладнання в середовищі симуляції.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання розробленої мережевої моделі для побудови сучасної мережевої інфраструктури підприємства з підтримкою IPv6, що забезпечує ефективну організацію обміну даними, підвищення рівня керованості мережею та можливість подальшого масштабування системи.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ПОБУДОВИ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ ТА ВИКОРИСТАННЯ IPv6

1.1 Основні принципи організації комп'ютерних мереж

Організація комп'ютерних мереж базується на сукупності принципів, що забезпечують ефективний обмін даними, надійність функціонування та масштабованість інформаційної інфраструктури підприємства. Основними принципами є ієрархічність побудови мережі, стандартизація протоколів, модульність, забезпечення відмовостійкості та інформаційної безпеки.

У сучасних корпоративних мережах застосовується багаторівнева архітектура, що включає рівень доступу, розподілу та ядра мережі. Такий підхід дозволяє оптимізувати процеси маршрутизації, спростити адміністрування та підвищити продуктивність мережевої інфраструктури. Важливу роль відіграє використання відкритих стандартів, зокрема стеку TCP/IP, що забезпечує сумісність обладнання різних виробників [1].

Одним із ключових аспектів організації мереж є використання комутації та маршрутизації для передачі інформації між сегментами мережі. Для цього застосовуються маршрутизатори, комутатори та серверне обладнання, які забезпечують контроль трафіку, балансування навантаження та захист інформації.

У корпоративній мережі всі пристрої поділяються на проміжне та кінцеве мережеве обладнання, що визначає їх функціональну роль у процесі передавання даних [2].

Проміжне мережеве обладнання (network intermediate devices) − це пристрої, які забезпечують маршрутизацію, комутацію та керування трафіком між різними сегментами мережі. До них належать маршрутизатори (Routers), комутатори (Switches), брандмауери (Firewalls), точки доступу (Access Points) та мости (Bridges). Вони виконують функції аналізу заголовків пакетів, вибору оптимального маршруту, фільтрації трафіку та підтримки безпеки мережі. Проміжне обладнання формує основу інфраструктури, забезпечуючи надійність і масштабованість системи.

Кінцеве мережеве обладнання (end devices) − це пристрої, що безпосередньо використовуються користувачами для доступу до мережевих ресурсів. До цієї категорії належать персональні комп’ютери, ноутбуки, смартфони, принтери, IP-телефони, сервери та інші термінальні пристрої. Вони є джерелом або отримувачем інформації, взаємодіють із проміжними пристроями через рівень доступу та формують кінцеві точки комунікації.

Взаємодія проміжного та кінцевого обладнання (рис. 1.1) забезпечує цілісність мережевої архітектури, ефективне передавання даних і реалізацію політик безпеки. Такий поділ дозволяє оптимізувати адміністрування мережі, підвищити її продуктивність і забезпечити гнучкість у масштабуванні корпоративної інфраструктури.

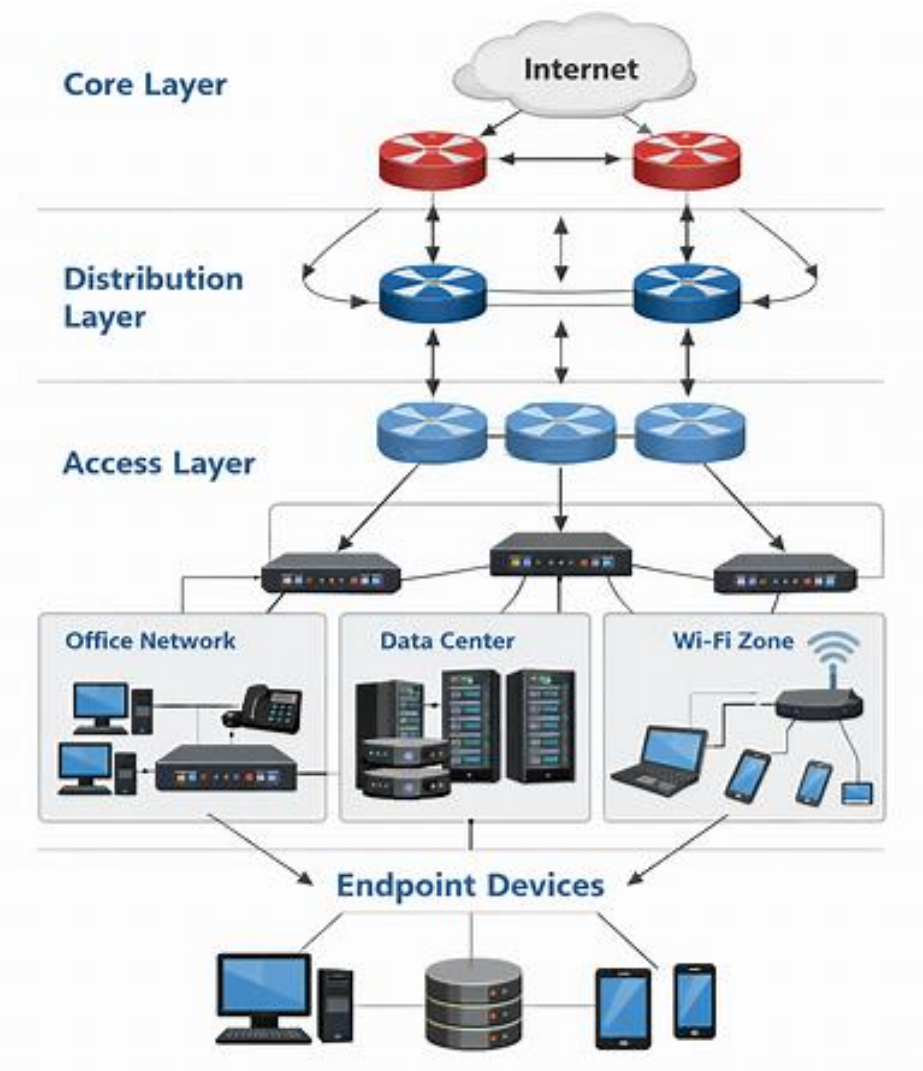

Рисунок 1.1 – Ієрархічна структура корпоративної мережі

Також важливими принципами є резервування каналів зв’язку, використання VLAN-технологій та впровадження сучасних механізмів моніторингу мережі. Це дозволяє забезпечити безперервність роботи інформаційних систем підприємства навіть у випадку відмов окремих компонентів мережі.

1.2 Топології та архітектури мереж підприємств

Топологія мережі визначає спосіб фізичного та логічного з’єднання вузлів комп’ютерної мережі. У корпоративних мережах найчастіше використовуються топології «зірка», «дерево», «кільце» та комбіновані структури (рис. 1.2) [1].

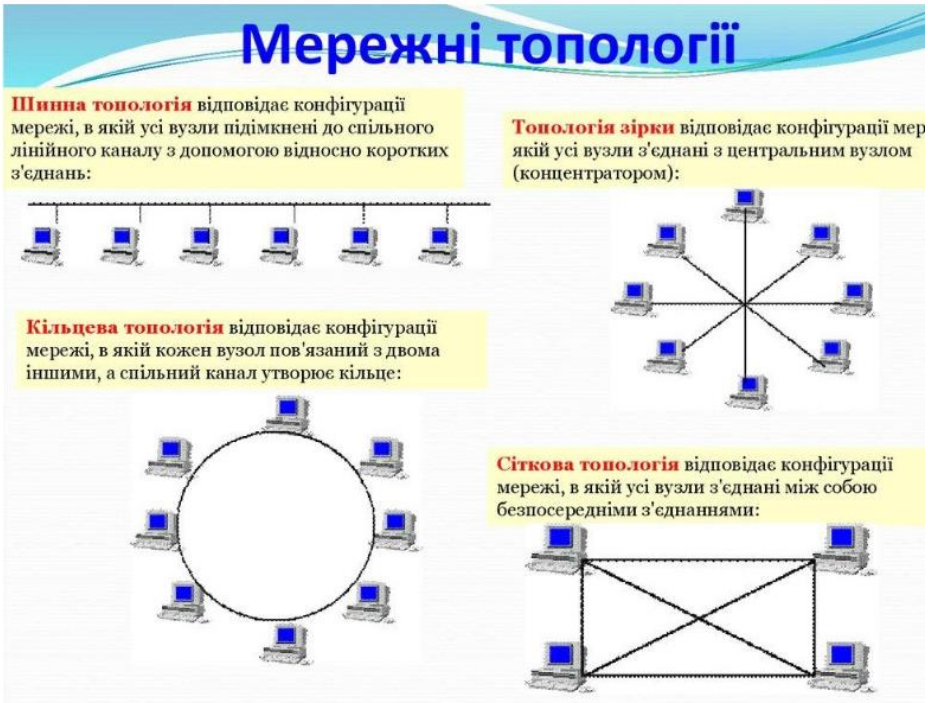

Рисунок 1.2 – Топології мереж [1]

Топологія «зірка» є найбільш поширеною завдяки високій надійності та простоті адміністрування. У такій структурі всі вузли підключаються до центрального комутатора або маршрутизатора. Вихід з ладу одного вузла не впливає на роботу інших елементів мережі.

Топологія «дерево» використовується у великих підприємствах та дата-центрах, де необхідна багаторівнева структура з централізованим

управлінням. Кільцева топологія застосовується рідше, однак забезпечує високу відмовостійкість за рахунок резервних маршрутів передачі даних.

Сучасні підприємства переважно використовують клієнт-серверну архітектуру, де сервери забезпечують централізоване зберігання даних, автентифікацію користувачів та виконання мережевих сервісів. Також активно впроваджуються хмарні технології та програмно-керовані мережі SDN [3].

1.3 Порівняння IPv4 та IPv6

IPv4 та IPv6 є версіями мережевого протоколу IP, що використовуються для адресації пристроїв у комп'ютерних мережах. Основною причиною переходу до IPv6 стало вичерпання адресного простору IPv4.

Протокол IPv4 використовує 32-бітну адресу, що дозволяє створити приблизно 4,3 млрд унікальних адрес. IPv6 використовує 128-бітну адресу, що забезпечує практично необмежений адресний простір [4].

IPv6 має спрощений формат заголовка пакета, що зменшує навантаження на маршрутизатори та підвищує швидкість обробки трафіку. Також IPv6 підтримує автоматичну конфігурацію адрес SLAAC, механізми IPSec, multicast та anycast-адресацію.

На відміну від IPv4, у IPv6 відсутній широкомовний broadcast-трафік, який замінено механізмом multicast, що дозволяє ефективніше використовувати пропускну здатність мережі [4]. Порівняльна характеристика подана в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Порівняння IPv4 та IPv6

Характеристика	IPv4	IPv6
Довжина адреси	32 біти	128 біт
Кількість адрес	4,3 млрд	$3{,}4\times10^{38}$
NAT	Використовується	Необов'язковий
Автоконфігурація	Обмежена	SLAAC
Безпека	Додаткова	Вбудована IPSec

1.4 Особливості IPv6-адресації

IPv6-адресація характеризується використанням 128-бітних адрес, записаних у шістнадцятковому форматі. Адреси поділяються на unicast, multicast та anycast [5].

Unicast-адреси призначені для ідентифікації одного мережевого інтерфейсу. Multicast-адреси використовуються для передачі пакетів групі вузлів, а anycast – для доставки пакета найближчому вузлу з певної групи адрес.

IPv6 підтримує механізм Stateless Address Autoconfiguration (SLAAC), який дозволяє автоматично формувати IP-адреси без використання DHCP-сервера. Це значно спрощує адміністрування мережі.

Важливою особливістю є використання локальних адрес Link-Local, які автоматично створюються на кожному інтерфейсі та використовуються для службового обміну даними в межах локального сегмента мережі.

Рисунок 1.3 – Структура IPv6-адреси [6]

IPv6-адреса має чітку ієрархічну структуру: вона складається зі 128 біт, поділених на вісім груп по чотири шістнадцяткові цифри, розділених двокрапкою. Перші біти визначають префікс мережі, середня частина − ідентифікатор підмережі, а останні 64 біти формують унікальний ідентифікатор інтерфейсу [6].

1.5 Методи маршрутизації в IPv6-мережах

Маршрутизація в IPv6-мережах здійснюється за допомогою статичних та динамічних методів. Статична маршрутизація передбачає ручне налаштування

маршрутів адміністратором, тоді як динамічна використовує спеціалізовані протоколи маршрутизації.

До основних протоколів маршрутизації IPv6 належать OSPFv3, RIPng, IS-IS та BGP4+. OSPFv3 забезпечує швидку конвергенцію мережі та підтримує ієрархічну структуру маршрутизації. BGP4+ застосовується для обміну маршрутами між автономними системами [7].

У сучасних мережах активно впроваджується технологія Segment Routing over IPv6 (SRv6), яка дозволяє реалізовувати програмно-керовану маршрутизацію та оптимізацію трафіку [8].

Маршрутизація IPv6 також використовує Neighbor Discovery Protocol (NDP), який замінив ARP та забезпечує виявлення сусідів, визначення шлюзу та автоматичне налаштування параметрів мережі [9].

Налаштування IPv6-адресації в комп'ютерних мережах може здійснюватися кількома методами, які відрізняються способом призначення адрес та рівнем централізованого керування мережею. Основними методами налаштування IPv6 є статичне налаштування, автоматична конфігурація без відстеження стану (SLAAC), DHCPv6 без відстеження стану (stateless DHCPv6) та DHCPv6 з відстеженням стану (stateful DHCPv6).

Статичне налаштування передбачає ручне призначення IPv6-адреси, префікса мережі, шлюзу за замовчуванням та інших параметрів для кожного мережевого пристрою. Даний метод забезпечує високий рівень контролю над адресацією, однак потребує значних затрат часу на адміністрування та використовується переважно для серверного обладнання, мережевих пристроїв і критично важливих вузлів.

Автоматична конфігурація без відстеження стану, відома як SLAAC (Stateless Address Autoconfiguration), дозволяє клієнтським пристроям самостійно формувати IPv6-адресу на основі мережевого префікса, отриманого від маршрутизатора через повідомлення Router Advertisement. У цьому випадку маршрутизатор не веде облік виданих адрес, а формування ідентифікатора інтерфейсу виконується автоматично самим вузлом. Такий метод є простим у реалізації та не потребує окремого DHCPv6-сервера.

DHCPv6 без відстеження стану використовується у випадках, коли IPv6-адреса формується за допомогою SLAAC, але додаткові мережеві параметри, зокрема адреси DNS-серверів або доменне ім’я, надаються DHCPv6-сервером. При цьому сервер не контролює процес призначення IPv6-адрес, а лише передає допоміжну інформацію клієнтам. Для реалізації цього механізму маршрутизатор встановлює прапорець Other Configuration (O-біт) у повідомленнях Router Advertisement.

DHCPv6 з відстеженням стану передбачає централізоване призначення IPv6-адрес клієнтським пристроям за допомогою DHCPv6-сервера. У даному випадку сервер здійснює контроль і облік виданих адрес, часу оренди та параметрів мережевої конфігурації. Для активації цього режиму маршрутизатор передає повідомлення Router Advertisement із встановленим прапорцем Managed Configuration (M-біт), який повідомляє вузли про необхідність отримання IPv6-адреси від DHCPv6-сервера.

Застосування різних методів налаштування IPv6 залежить від архітектури мережі, вимог до безпеки, рівня централізованого керування та масштабів мережевої інфраструктури. У сучасних мережах найчастіше використовуються комбіновані підходи, які поєднують переваги автоматичної конфігурації та централізованого адміністрування.

1.6 Переваги впровадження IPv6

Впровадження IPv6 забезпечує значні переваги для комп’ютерних мереж та глобальної мережі Інтернет. Основною перевагою є практично необмежений адресний простір, що дозволяє підключати величезну кількість пристроїв, включаючи IoT-системи та хмарні сервіси [10].

IPv6 спрощує маршрутизацію та усуває необхідність використання NAT, що покращує продуктивність мережі та спрощує реалізацію peer-to-peer з’єднань. Завдяки вбудованій підтримці IPSec підвищується рівень інформаційної безпеки.

Протокол IPv6 забезпечує кращу підтримку мобільних мереж, мультимедійного трафіку та технологій SDN. Також IPv6 дозволяє ефективніше

використовувати multicast-трафік та зменшує навантаження на маршрутизатори завдяки спрощеному заголовку пакета.

Сучасні тенденції розвитку мереж свідчать про активне впровадження IPv6 у корпоративних мережах, дата-центрах та інфраструктурі провайдерів [11].

РОЗДІЛ 2
СТРУКТУРА ПІДПРИЄМСТВА ТА ЛОГІЧНА ТОПОЛОГІЯ

2.1 Опис структури підприємства

Спроєктована комп’ютерна мережа підприємства призначена для забезпечення стабільного, безпечного та масштабованого інформаційного середовища організації середнього масштабу (рис. 2.1). Структура підприємства включає декілька функціональних підрозділів, зокрема адміністрацію, бухгалтерію, IT-відділ, відділ кадрів, відділ продажів, склад та логістику, гостьову бездротову мережу та кімнату для засідань. Побудова мережевої інфраструктури здійснюється з використанням технології VLAN та протоколу IPv6, що забезпечує логічне розмежування трафіку між відділами, підвищення рівня інформаційної безпеки та ефективне використання мережевих ресурсів.

Фізична топологія підприємства побудована за ієрархічним принципом із використанням центрального вузла комутації.

Кожен відділ містить окремий комутатор доступу, до якого підключаються персональні комп’ютери співробітників. Така структура забезпечує централізоване адміністрування, спрощує локалізацію несправностей та підвищує надійність функціонування мережі.

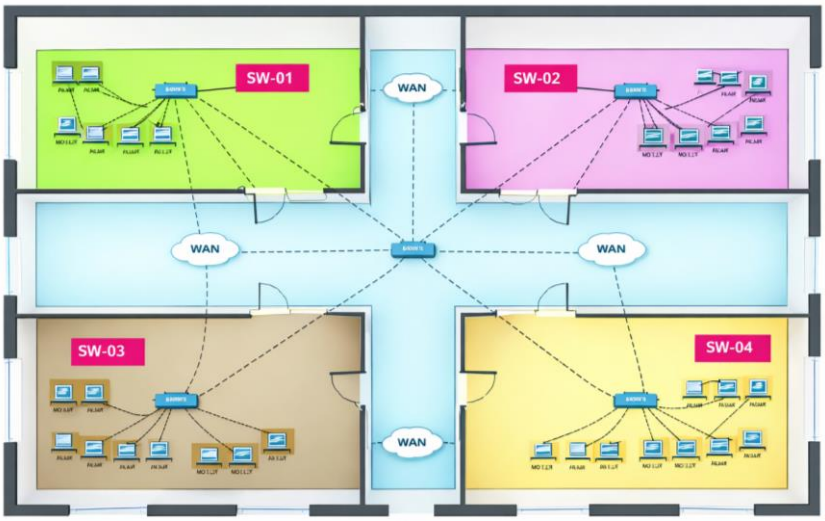

Рисунок 2.1 – Схематичний план підприємства

Для організації бездротового доступу використовується окрема точка доступу Wi-Fi, яка забезпечує підключення мобільних пристроїв до гостьової мережі підприємства.

Комутатори доступу підключено до маршрутизаторів. Така ієрархічна топологія забезпечує централізоване управління мережею, спрощує адміністрування та дозволяє масштабувати інфраструктуру шляхом додавання нових сегментів без суттєвих змін у вже наявній конфігурації. Для взаємодії між VLAN використовується технологія Router-on-a-Stick, реалізована на маршрутизаторі Cisco, де для кожної VLAN створено окремий підінтерфейс із власною IPv6-адресою шлюзу.

Кожен структурний підрозділ підприємства функціонує у межах окремої VLAN та має власний IPv6-префікс. Такий підхід дозволяє зменшити широкомовний трафік, ізолювати службові сегменти мережі та підвищити продуктивність роботи користувачів. Це забезпечує централізоване надання мережевих сервісів усім користувачам підприємства.

У проєкті використовується IPv6-адресація, що відповідає сучасним вимогам розвитку комп’ютерних мереж та дозволяє уникнути дефіциту адресного простору. Для кожного підрозділу виділено окрему підмережу з префіксом /64, що відповідає рекомендаціям щодо побудови IPv6-мереж. Маршрутизація між сегментами здійснюється за допомогою IPv6-маршрутизації, активованої на центральному маршрутизаторі.

Для забезпечення мобільності користувачів у структурі підприємства реалізовано гостьову Wi-Fi мережу, яка функціонує в окремій VLAN та ізольована від внутрішніх ресурсів організації. Такий підхід дозволяє забезпечити доступ до мережі Інтернет для відвідувачів без ризику порушення безпеки корпоративної мережі.

Розроблена мережева модель може реалізована в середовищі Cisco Packet Tracer для моделювання роботи інфраструктури, перевірки працездатності VLAN, IPv6-маршрутизації, серверних служб та механізмів захисту мережі. Запропонована структура відповідає сучасним принципам побудови комп’ютерних мереж та може бути використана як основа для подальшого впровадження

додаткових сервісів, зокрема систем моніторингу, VPN-з'єднань, динамічної маршрутизації та механізмів резервування.

2.2 Логічна топологія мережі

Логічна топологія мережі − це схема, яка показує структуру взаємозв'язків між пристроями та сегментами мережі, незалежно від того, як вони фізично з'єднані кабелями чи обладнанням. Вона відображає шлях проходження даних та принципи маршрутизації, а не фізичне розташування пристроїв.

Основні характеристики логічної топології:

– вузли та сегменти − комп'ютери, сервери, маршрутизатори, комутатори, VLAN;

– зв'язки − канали передачі даних між вузлами (логічні лінії);

– протоколи − визначають правила взаємодії (наприклад, OSPF, RIP, TCP/IP);

– адресація − IP-адреси, підмережі, VLAN-ідентифікатори.

Логічна топологія показує, як дані рухаються між відділами (табл. 2.1-2.3) та серверами, а фізична − як саме прокладені кабелі та обладнання.

Таблиця 2.1 − Таблиця IPv6-адресації відділів

Відділ	VLAN	IPv6 мережа	link-local address	Шлюз
Адміністрація	10	2001:db8:10:1::/64	fe80::1	2001:db8:10:1::1/64
Бухгалтерія	20	2001:db8:20:1::/64	fe80::2	2001:db8:20:1::1/64
IT-відділ	30	2001:db8:30:1::/64	fe80::3	2001:db8:30:1::1/64
Відділ кадрів	40	2001:db8:40:1::/64	fe80::4	2001:db8:40:1::1/64
Відділ продажів	50	2001:db8:50:1::/64	fe80::5	2001:db8:50:1::1/64
Склад та логістика	60	2001:db8:60:1::/64	fe80::6	2001:db8:60:1::1/64
Гостьова кімната	70	2001:db8:70:1::/64	fe80::7	2001:db8:70:1::1/64
Кімнату для засідань	80	2001:db8:80:1::/64	fe80::8	2001:db8:80:1::1/64

Таблиця 2.2 − Таблиця IPv6-адресації між маршрутизаторами

Мережа між маршритозаторами	IPv6 мережа
ADM_BUX_Lysiuk − IT_BK_Lysiuk	2001:DB8:1:1::/64
Router_GK_PG_Lysiuk − Router_BP_SL_Lysiuk	2001:DB8:2:2::/64
Router_BP_SL_Lysiuk − ADM_BUX_Lysiuk	2001:DB8:3:3::/64
IT_BK_Lysiuk −Router GK_PG_Lysiuk	2001:DB8:4:4::/64

Таблиця 2.3 − Таблиця IPv6-адресації на портах маршрутизаторів

Мережа між маршритозаторами	IPv6 мережа	
ADM_BUX_Lysiuk	Gig0/0.10	2001:DB8:10:1::1/64
	Gig0/0.20	2001:DB8:20:1::1/64
	Gig0/1	2001:DB8:1:1::1/64
	Gig0/2	2001:DB8:3:3::1/64
IT_BK_Lysiuk	Gig0/0.30	2001:DB8:30:1::1/64
	Gig0/0.40	2001:DB8:40:1::1/64
	Gig0/1	2001:DB8:1:1::2/64
	Gig0/2	2001:DB8:4:4::1/64
Router_BP_SL_Lysiuk	Gig0/0.50	2001:DB8:50:1::1/64
	Gig0/0.60	2001:DB8:60:1::1/64
	Gig0/1	2001:DB8:2:2::1/64
	Gig0/2	2001:DB8:3:3::2/64
Router GK_PG_Lysiuk	Gig0/1.70	2001:DB8:70:1::1/64
	Gig0/1.80	2001:DB8:80:1::1/64
	Gig0/0	2001:DB8:2:2::2/64
	Gig0/2	2001:DB8:4:4::2/64

2.3 Перспективи розширення підприємства

Перспективи розширення підприємства при впровадженні протоколу IPv6 полягають у створенні технологічного підґрунтя для масштабування корпоративної інфраструктури та інтеграції сучасних сервісів. Використання практично необмеженого адресного простору забезпечує можливість підключення нових відділів, філій та великої кількості пристроїв без ризику дефіциту IP-адрес. Це відкриває шлях до розвитку інтернету речей, розгортання розподілених систем моніторингу та автоматизації виробничих процесів.

Застосування глобальних унікальних адрес сприяє інтеграції підприємства у міжнародний інформаційний простір, усуваючи потребу у використанні NAT та спрощуючи взаємодію з партнерами. Автоматизовані механізми конфігурації, такі як SLAAC та DHCPv6, знижують витрати на адміністрування та забезпечують ефективне управління мережею навіть у випадку її значного розширення. Вбудована підтримка IPsec підвищує рівень безпеки корпоративних комунікацій, а механізми QoS дозволяють оптимізувати якість обслуговування при зростанні обсягів трафіку.

Таким чином, перехід на IPv6 не лише відповідає сучасним міжнародним стандартам, але й формує стратегічну основу для довгострокового розвитку

підприємства. Він створює умови для масштабування мережевої інфраструктури, інтеграції хмарних сервісів та виходу на нові ринки, що у комплексі забезпечує конкурентні переваги та підвищує інноваційний потенціал організації.

РОЗДІЛ 3
РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЄКТУ МЕРЕЖІ ПІДПРИЄМСТВА

3.1 Створення vlan на комутаторах поверхів

VLAN (Virtual Local Area Network) − це технологія віртуалізації локальних комп'ютерних мереж, яка забезпечує логічний поділ однієї фізичної мережевої інфраструктури на декілька окремих широкомовних доменів. Використання VLAN дає змогу об'єднувати пристрої в окремі логічні групи незалежно від їх фізичного розташування в мережі. Такий підхід сприяє підвищенню рівня інформаційної безпеки, оптимізації мережевого трафіку та спрощенню адміністрування мережі.

Технологія VLAN функціонує на канальному рівні моделі OSI та реалізується переважно за допомогою керованих комутаторів. Передавання даних між віртуальними локальними мережами здійснюється шляхом маркування Ethernet-кадрів відповідно до стандарту IEEE 802.1Q. Кожній VLAN присвоюється унікальний ідентифікатор, який використовується для розмежування мережевого трафіку та забезпечення ізоляції між різними сегментами мережі.

Застосування VLAN є особливо актуальним у мережах, де необхідно організувати окремі мережеві сегменти для різних структурних підрозділів підприємства, серверного обладнання, бездротових мереж або систем відеоспостереження. Використання віртуальних локальних мереж дозволяє підвищити ефективність функціонування комп'ютерної мережі, зменшити рівень широкомовного трафіку та забезпечити більш гнучке управління мережевими ресурсами (додаток А).

Транковий порт − це порт мережевого комутатора, призначений для передавання трафіку декількох віртуальних локальних мереж (VLAN) через одне фізичне з'єднання. Основною функцією транкового порту є забезпечення транспортування кадрів різних VLAN між мережевими пристроями, такими як комутатори, маршрутизатори або сервери, без необхідності використання окремого фізичного каналу для кожної віртуальної мережі (додаток Б, В).

Транкові порти широко застосовуються у комп'ютерних мережах для організації взаємодії між комутаторами та реалізації масштабованої мережевої

інфраструктури. Їх використання дозволяє ефективно оптимізувати мережеві ресурси, спростити адміністрування мережі та забезпечити централізоване управління VLAN у межах підприємства (рис. 3.1-3.2).

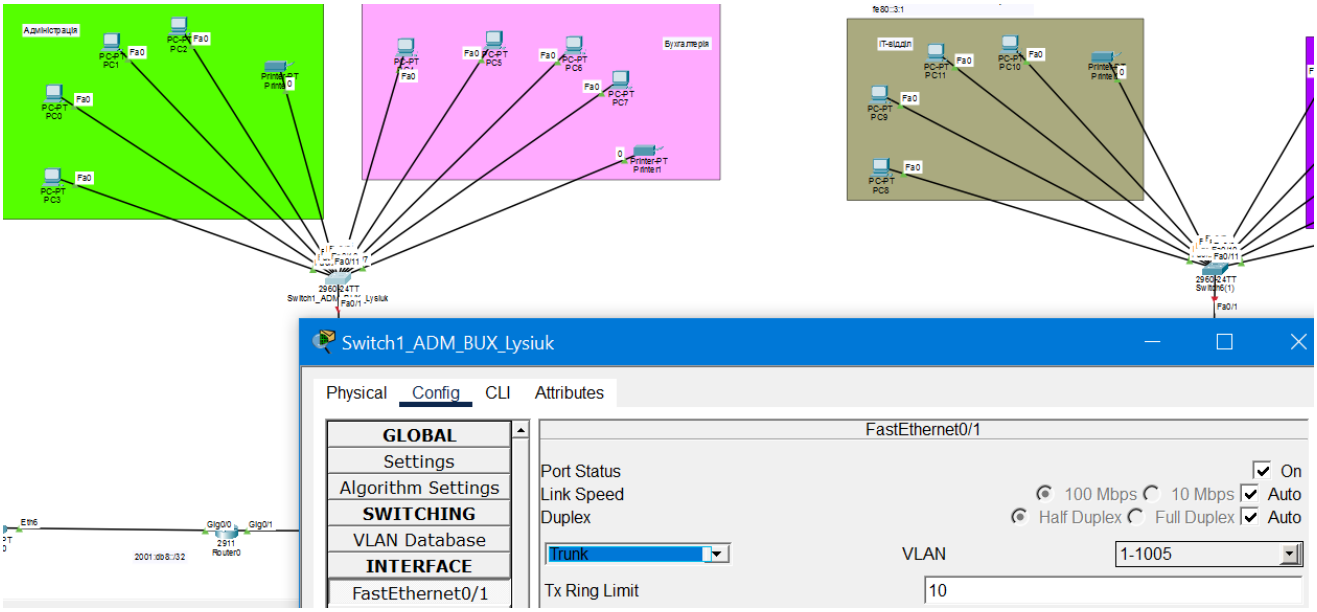

Рисунок 3.1 – Налаштування транкового порту на комутаторі Switch1_ADM_BUX_Lysiuk

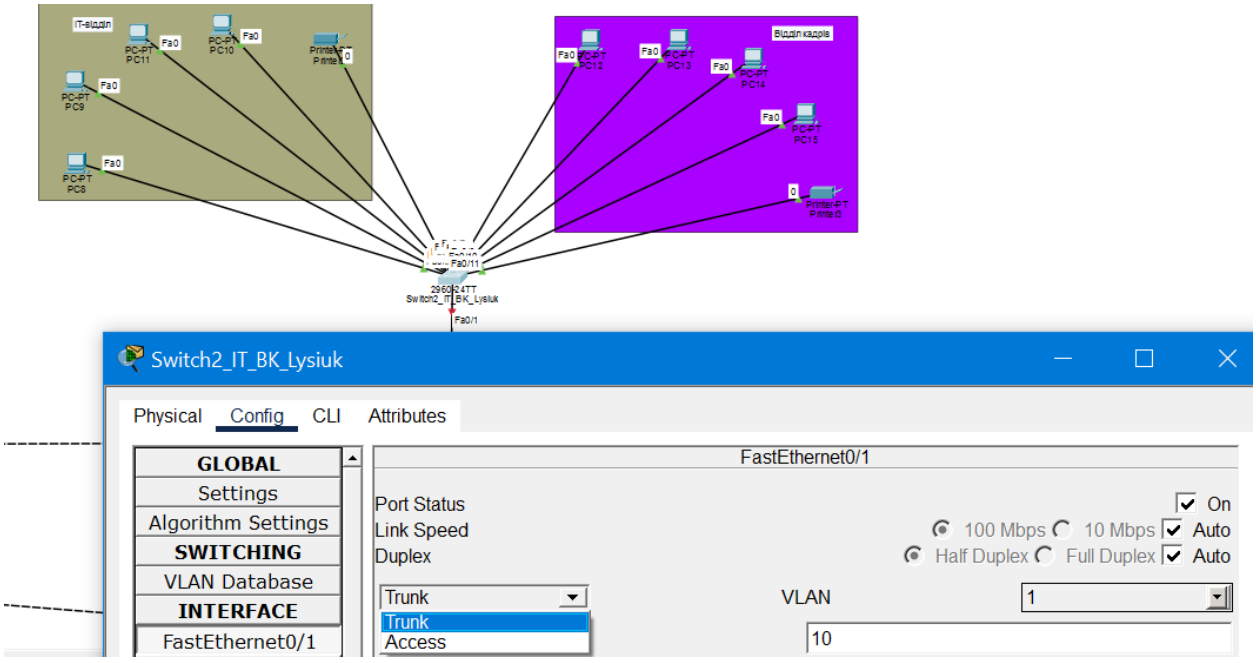

Рисунок 3.2 – Налаштування транкового порту на комутаторі Switch2_IT_BK_Lysiuk

На комутаторі Switch1_ADM_BUX_Lysiuk створено влани, де vlan 10 – це адміністративний відділ, а vlan 20 – це бухгалтерія. Аналогічно на комутаторі Switch2_IT_BK_Lysiuk створено влани, де vlan 30 – це IT-відділ, а vlan 40 – відділ кадрів (рис. 3.3-3.4).

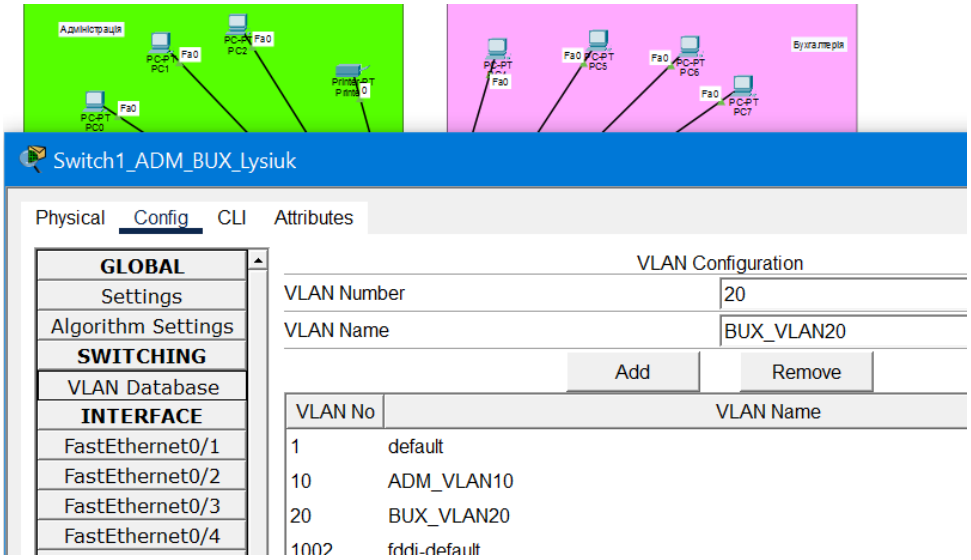

Рисунок 3.3 – Налаштування vlan на комутаторі Switch1_ADM_BUX_Lysiuk

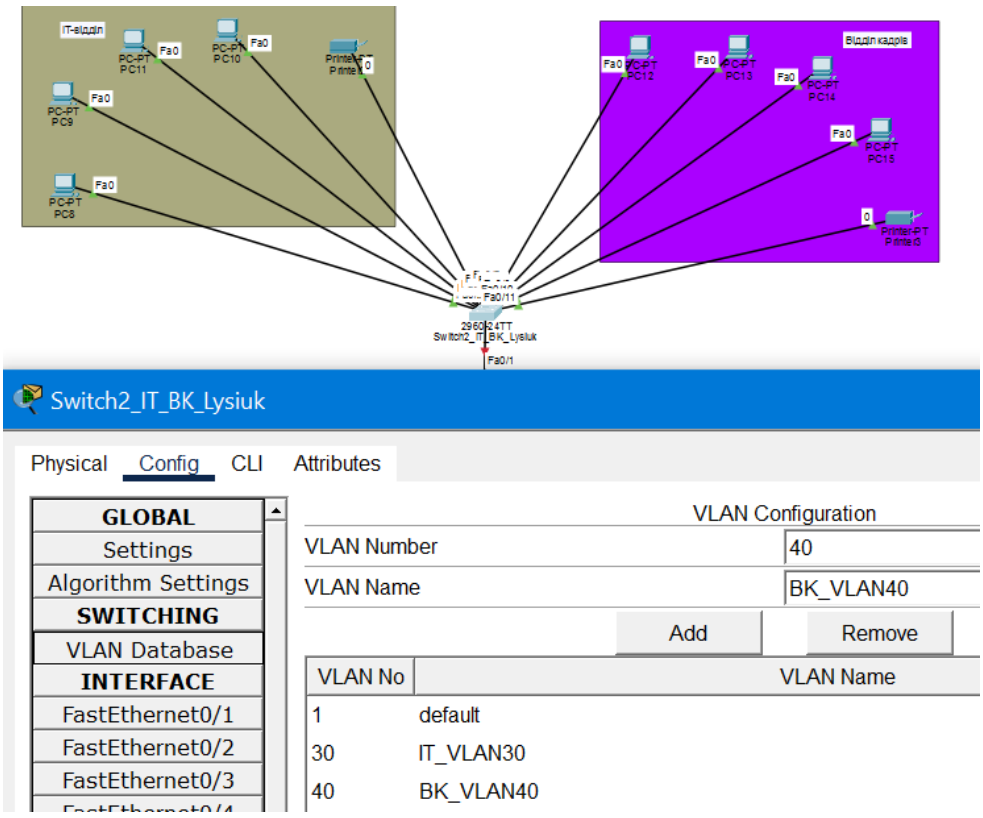

Рисунок 3.4 – Налаштування vlan на комутаторі Switch2_IT_BK_Lysiuk

На комутаторі Switch3_BP_SL створено влани, де vlan 50 – це відділ продажів, а vlan 60 – це склад/логістика. Аналогічно на комутаторі Switch4_GK_PG створено влани, де vlan 70 – це гостьова кімната, а vlan 80 – переговорна (рис. 3.5-3.6).

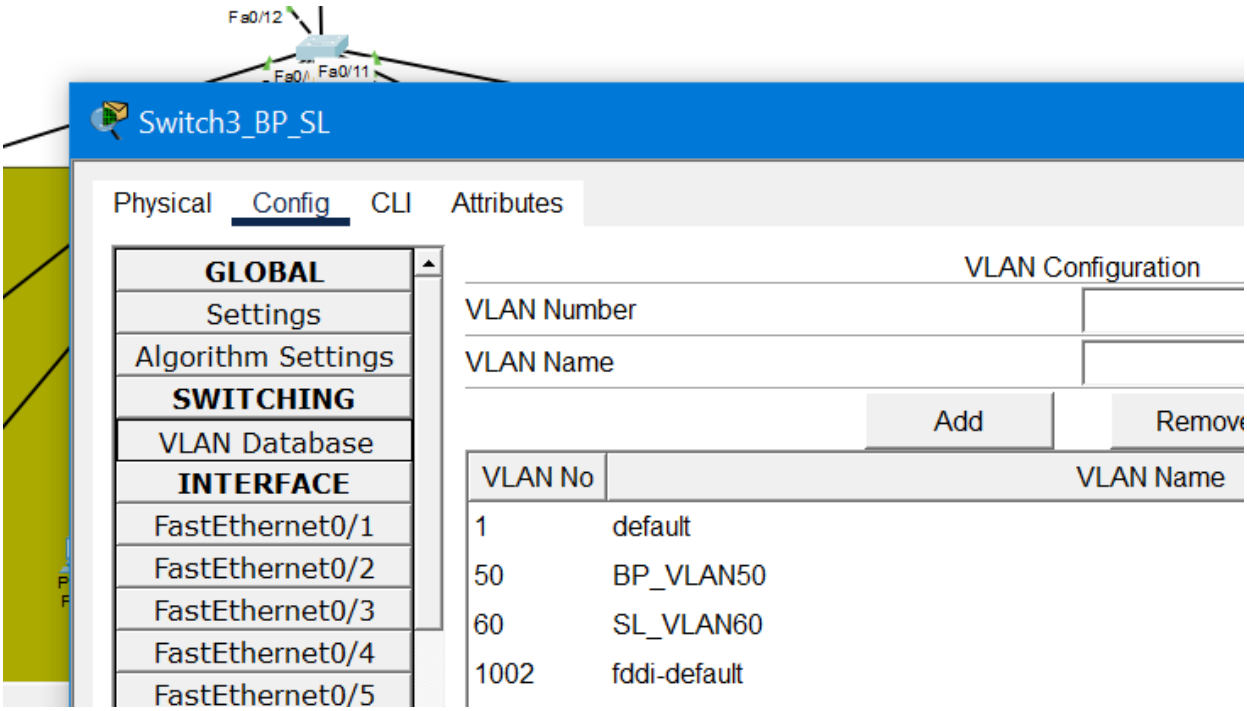

Рисунок 3.5 – Налаштування vlan на комутаторі Switch3_BP_SL

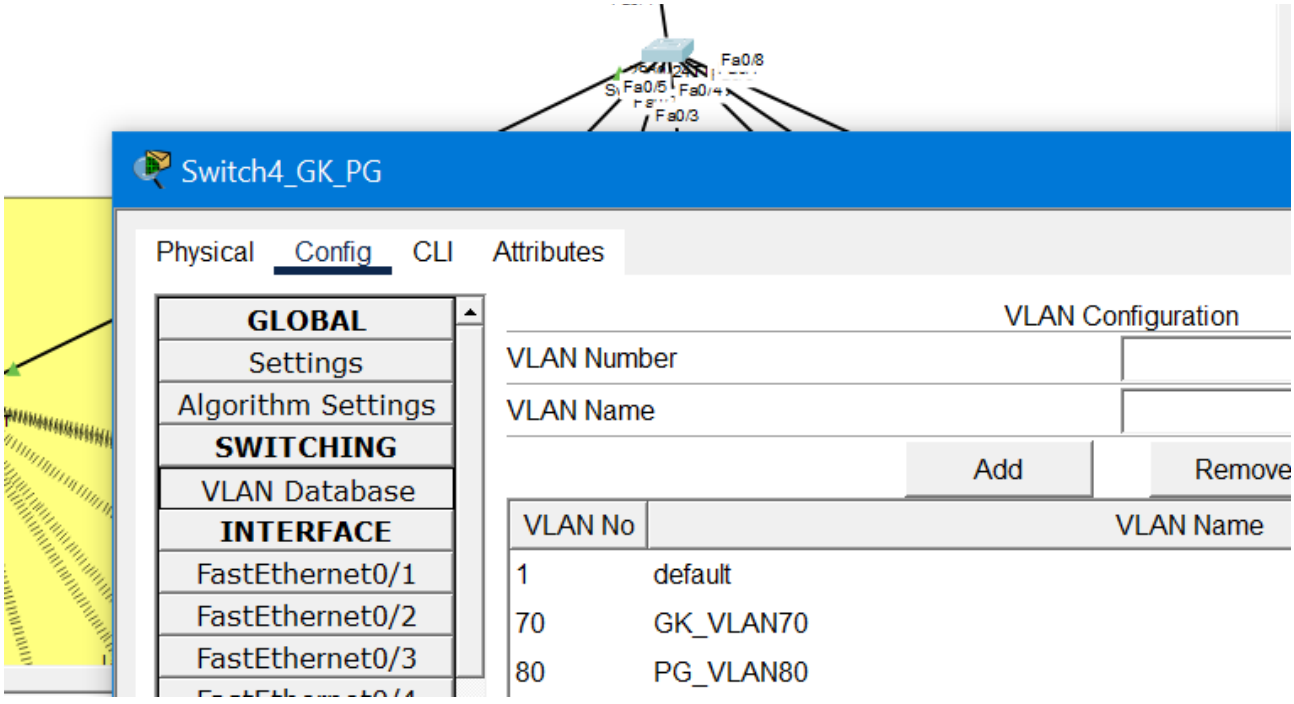

Рисунок 3.6 – Налаштування vlan на комутаторі Switch4_GK_PG

Для забезпечення маршрутизації між відповідними відділами, потрібно на маршрутизаторах відділів ADM_BUX_Lysiuk, IT_BK_Lysiuk, Router_BP_SL_Lysiuk, Router_GK_PG налаштувати підінтерфейси. Перед налаштування ввімкнуто маршрутизацію IPv6 для глобальної переадресації на маршрутизаторах ADM_BUX_Lysiuk, IT_BK_Lysiuk Router_BP_SL_Lysiuk та Router_GK_PG (рис. 3.7-3.10).

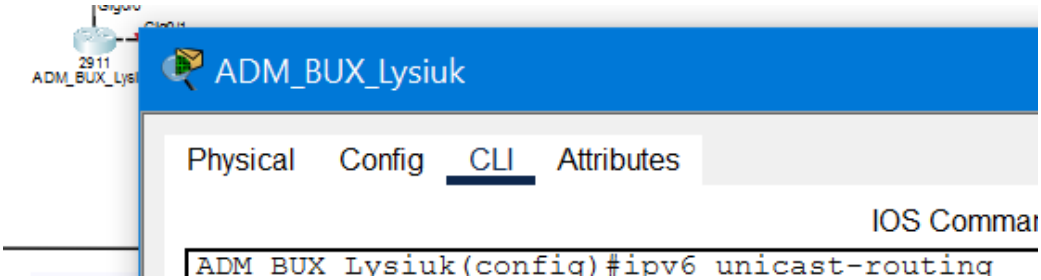

Рисунок 3.7 – Налаштування маршрутизацію IPv6 для глобальної переадресації на маршрутизаторі ADM_BUX_Lysiuk

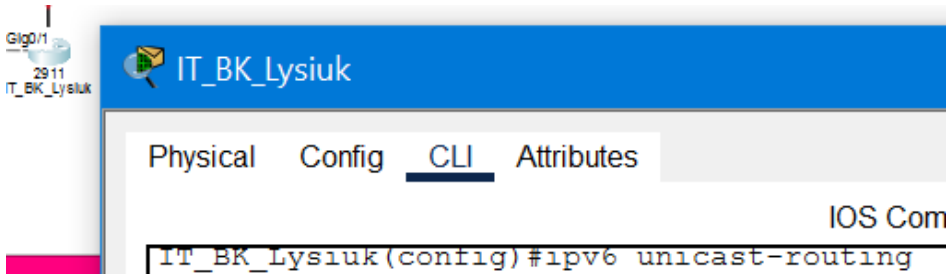

Рисунок 3.8 – Налаштування маршрутизацію IPv6 для глобальної переадресації на маршрутизаторі IT_BK_Lysiuk

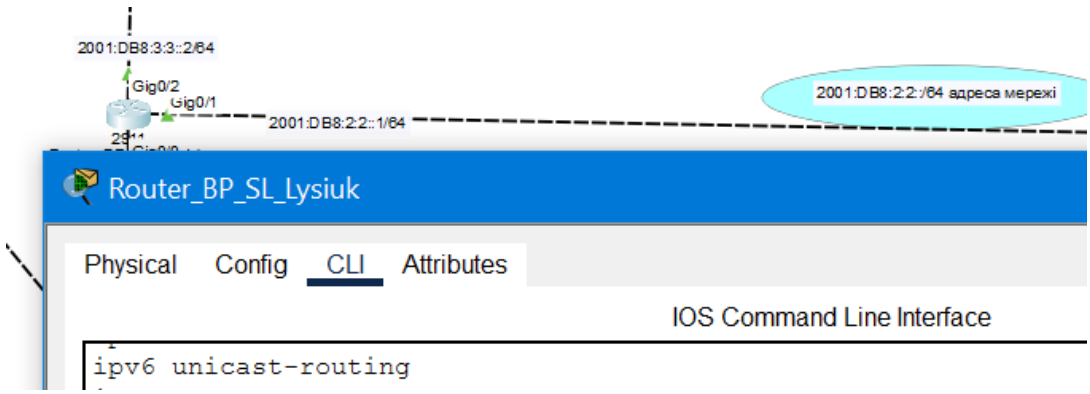

Рисунок 3.9 – Налаштування маршрутизацію IPv6 для глобальної переадресації маршрутизаторі Router_BP_SL_Lysiuk

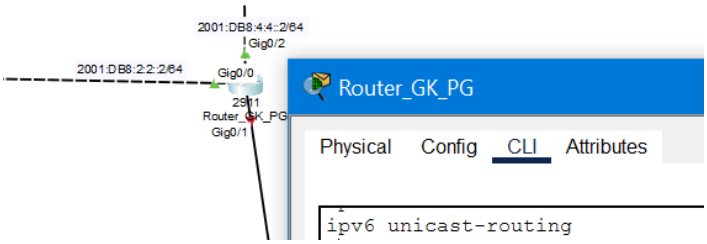

Рисунок 3.10 – Налаштування маршрутизацію IPv6 для глобальної переадресації маршрутизаторі Router_GK_PG

Налаштування підінтерфейсів на маршрутизаторі використовується для реалізації міжвланової маршрутизації (Inter-VLAN Routing) за технологією «router-on-a-stick» (рис. 3.11-3.13). У цьому випадку один фізичний інтерфейс маршрутизатора розділяється на декілька логічних підінтерфейсів, кожен з яких обслуговує окрему VLAN та має власну IP-адресу, що використовується як шлюз за замовчуванням для відповідної мережі.

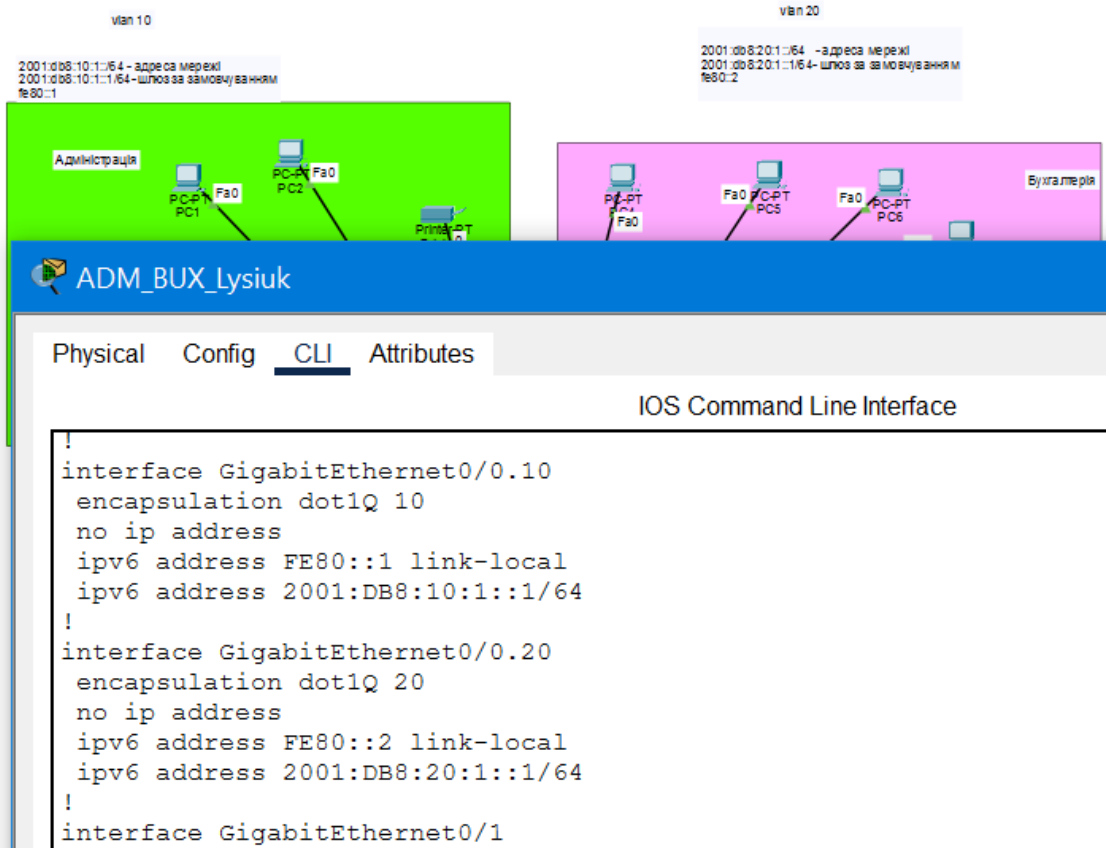

Рисунок 3.11 – Налаштування підінтерфейсів на маршрутизаторі ADM_BUX_Lysiuk

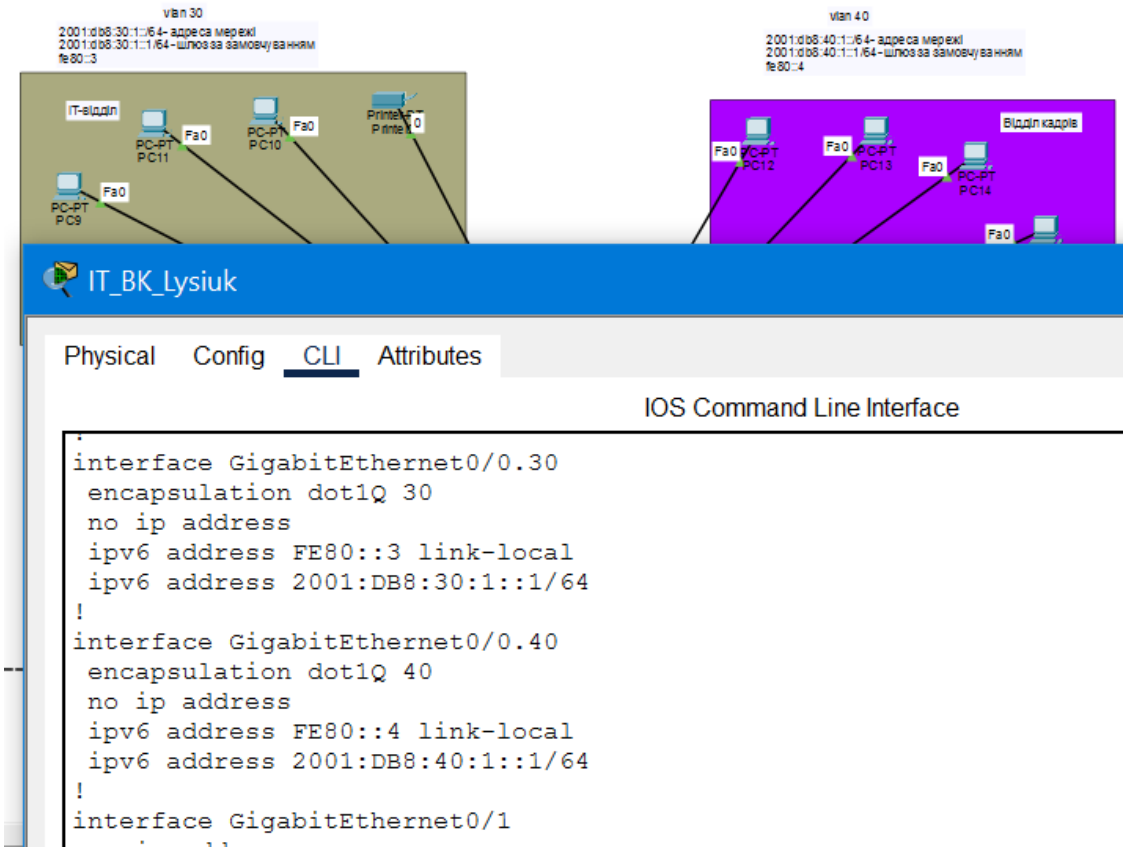

Рисунок 3.12 – Налаштування підінтерфейсів на маршрутизаторі IT_BK_Lysiuk

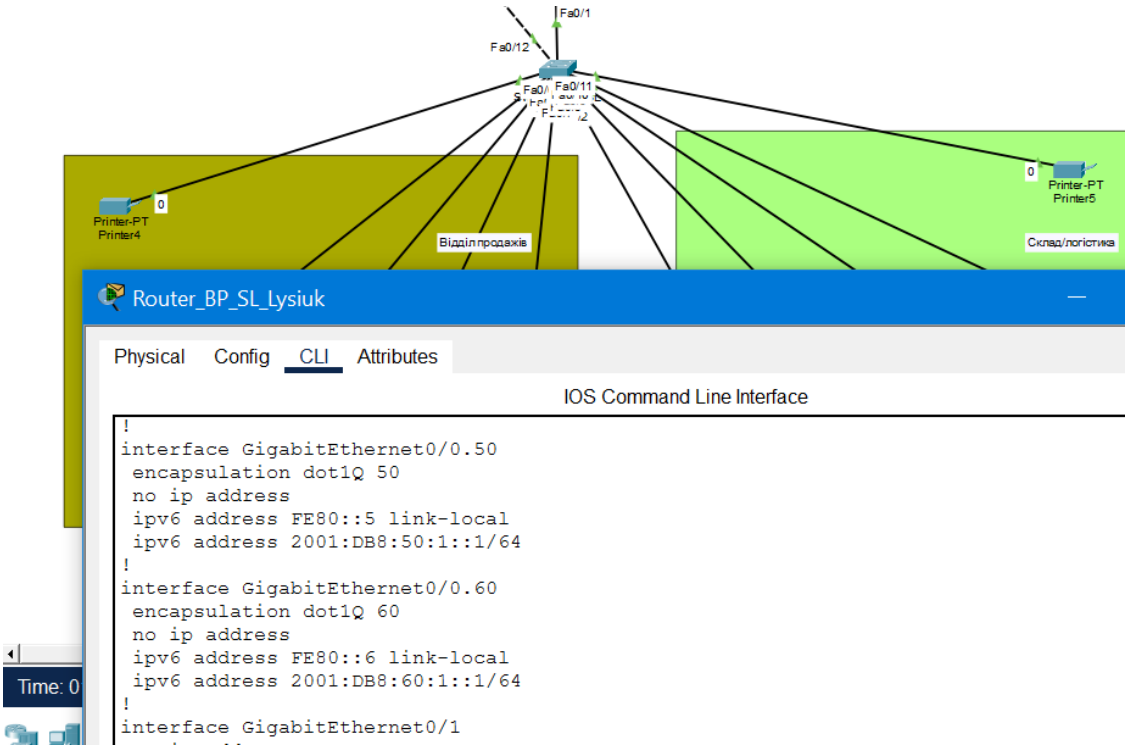

Рисунок 3.13 – Налаштування підінтерфейсів на маршрутизаторі Router_BP_SL_Lysiuk

Аналогічно налаштовано підінтерфейси на маршрутизаторі Router_GK_PG_ Lysiuk (рис. 3.14).

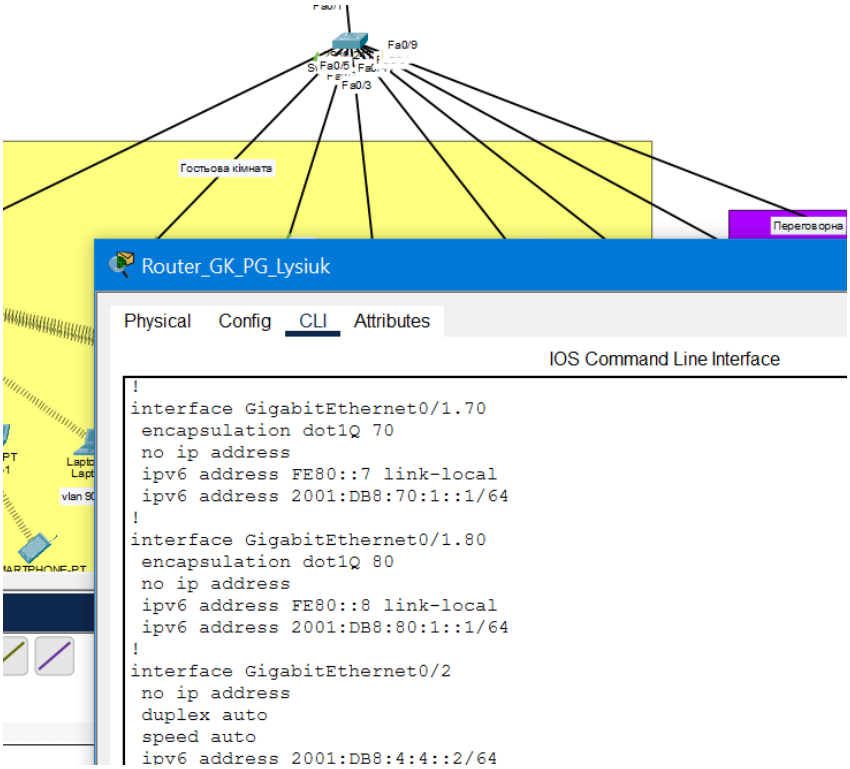

Рисунок 3.14 – Налаштування підінтерфейсів на маршрутизаторі Router_GK_PG_ Lysiuk

Після завершення налаштування маршрутизатор починає виконувати маршрутизацію між VLAN. Кожен підінтерфейс приймає та передає кадри лише для своєї VLAN завдяки використанню тегування IEEE 802.1Q (додаток Б).

3.2 Налаштування DHCPv6 з відстеженням стану

Налаштування DHCPv6 з відстеженням стану (stateful DHCPv6) є одним із методів автоматизованого призначення параметрів IPv6-адресації в комп’ютерних мережах. Даний підхід передбачає централізоване керування процесом видачі IPv6-адрес клієнтським пристроям за допомогою DHCPv6-сервера, який здійснює облік і контроль призначених адрес та інших мережевих параметрів. На відміну від безстанового механізму SLAAC, при використанні stateful DHCPv6 сервер зберігає

інформацію про видані адреси, час їх оренди та відповідність конкретним мережевим вузлам.

Спочатку створено пули адрес на маршрутизаторах (рис. 3.15-3.18).

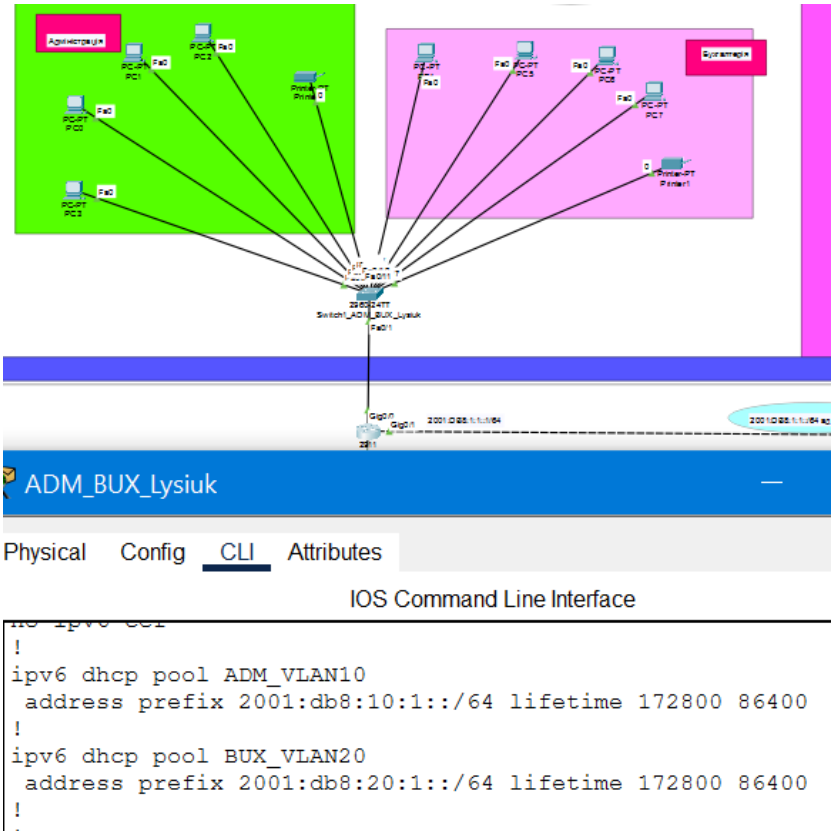

Рисунок 3.15 – Пул адрес на маршрутизаторі ADM_BUX_Lysiuk

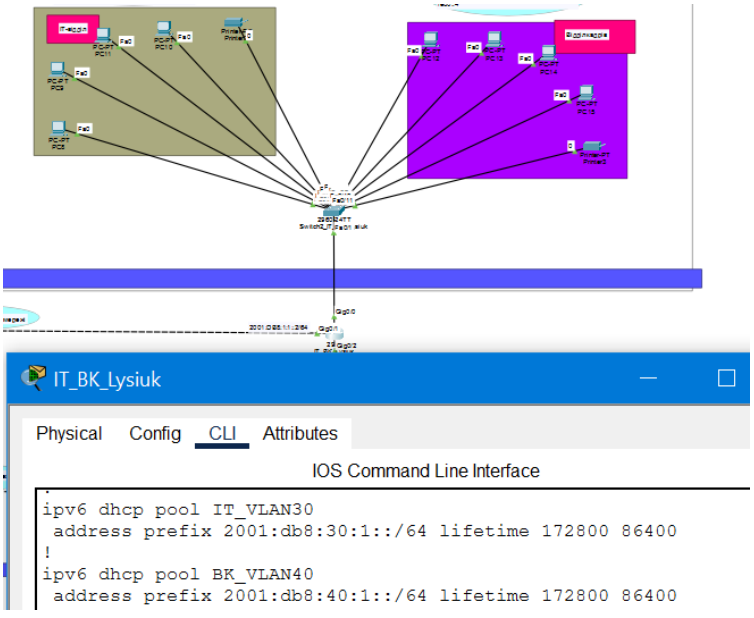

Рисунок 3.16 – Пул адрес на маршрутизаторі IT_BK_Lysiuk

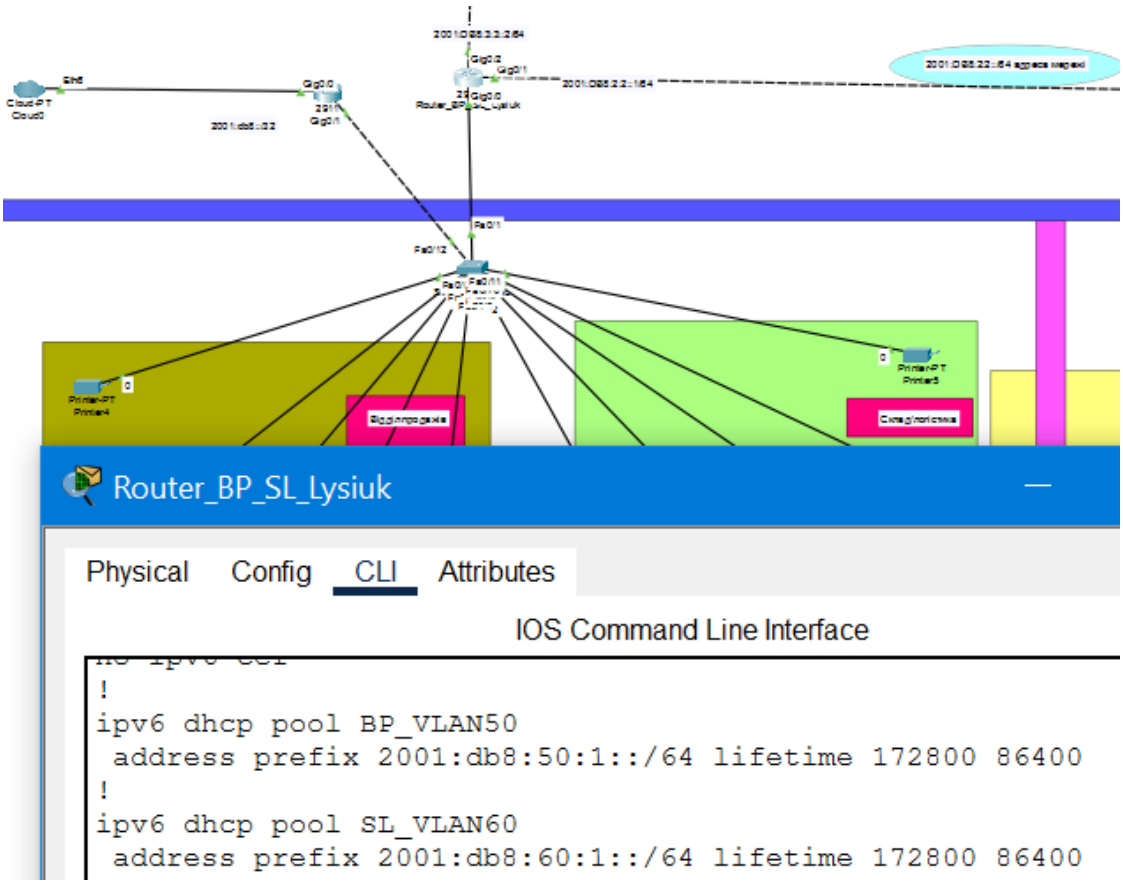

Рисунок 3.17 – Пул адрес на маршрутизаторі Router_BP_SL_Lysiuk

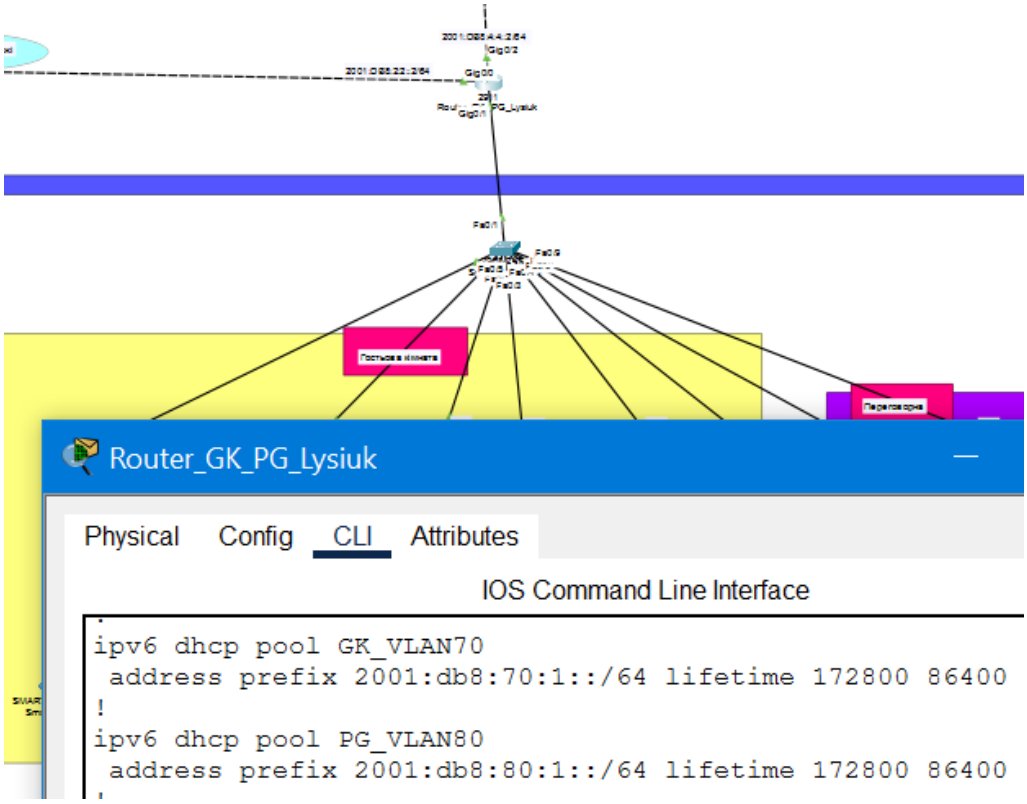

Рисунок 3.18 – Пул адрес на маршрутизаторі Router_GK_PG_Lysiuk

Під час функціонування DHCPv6 з відстеженням стану маршрутизатор надсилає повідомлення Router Advertisement із встановленим прапорцем Managed Configuration (M-біт), який повідомляє клієнтські пристрої про необхідність отримання IPv6-адреси від DHCPv6-сервера. Після цього клієнт ініціює процес обміну службовими повідомленнями DHCPv6, у результаті чого маршрутизатор надає вузлу IPv6-адресу та інші параметри конфігурації мережі.

У процесі налаштування DHCPv6 на маршрутизаторі або сервері визначається пул IPv6-адрес, який використовується для автоматичного призначення клієнтським пристроям. Також задаються параметри доменного імені, DNS-серверів та інші мережеві характеристики. Після створення DHCPv6-пулу він прив’язується до відповідного мережевого інтерфейсу, через який здійснюється обслуговування клієнтів.

Використання DHCPv6 з відстеженням стану забезпечує централізоване адміністрування IPv6-адресного простору, спрощує контроль мережевих підключень та підвищує рівень керованості мережевої інфраструктури. Даний метод широко застосовується в мережах, де необхідно забезпечити точний облік адрес, контроль доступу до мережі та спрощення процесів моніторингу й адміністрування мережевих ресурсів.

Спочатку перед налаштуваннями вимикається доменний пошук. Вимикання доменного пошуку на маршрутизаторах є важливою процедурою оптимізації мережевих налаштувань, яка дозволяє запобігти автоматичним спробам маршрутизатора інтерпретувати некоректно введені команди як доменні імена. За замовчуванням мережеві пристрої Cisco можуть виконувати DNS-запити у випадку введення невідомої команди або помилки в синтаксисі, що призводить до затримок у роботі командного рядка та зниження ефективності адміністрування мережі.

Для вимикання механізму доменного пошуку використовується команда no ip domain-lookup, яка вводиться в режимі глобальної конфігурації маршрутизатора. Після застосування даної команди пристрій припиняє надсилання DNS-запитів під час обробки невідомих команд, що забезпечує швидшу реакцію інтерфейсу командного рядка та підвищує зручність роботи мережевого адміністратора.

Використання функції вимикання доменного пошуку є доцільним під час налаштування та тестування мережевого обладнання, особливо у навчальних або лабораторних середовищах, де DNS-сервери можуть бути відсутніми. Крім того, це дозволяє зменшити непотрібний мережевий трафік і уникнути зайвих затримок при конфігурації маршрутизаторів та комутаторів (додатог Г).

3.3 Налаштування маршрутизації з використанням протоколу OSPFv3 для підтримки IPv6

Налаштування протоколу динамічної маршрутизації OSPFv3 між маршрутизаторами Cisco для підтримки IPv6 здійснюється з метою автоматичного обміну маршрутною інформацією в мережі. OSPFv3 є адаптованою версією протоколу OSPF для IPv6 та функціонує на основі алгоритму найкоротшого шляху, забезпечуючи швидку конвергенцію мережі та ефективну маршрутизацію пакетів (додаток Д, Е).

На початковому етапі налаштування на маршрутизаторі активується підтримка IPv6-маршрутизації за допомогою команди ipv6 unicast-routing.

У результаті налаштування між маршрутизаторами формується OSPFv3-сусідство, після чого пристрої починають автоматичний обмін інформацією про IPv6-маршрути.

OSPFv3-сусідство − це процес встановлення взаємодії між маршрутизаторами, які використовують протокол динамічної маршрутизації OSPFv3 для обміну інформацією про IPv6-маршрути. Після формування сусідства маршрутизатори синхронізують бази даних стану каналів (LSDB) та обчислюють найкоротші маршрути до мереж призначення.

Для успішного формування OSPFv3-сусідства маршрутизатори повинні відповідати певним умовам: використовувати однаковий ідентифікатор області (Area ID), однакові параметри таймерів Hello та Dead, мати унікальні Router ID та працювати в одній IPv6-підмережі. Ідентифікатор області (Area ID) − це числовий або символьний параметр, який використовується в протоколах динамічної

маршрутизації, зокрема OSPF (Open Shortest Path First), для логічного поділу мережі на окремі області.

Перевірки стану сусідства (adjacency) у протоколі OSPFv3 на маршрутизатор подано на рисунках 3.19-3.22.

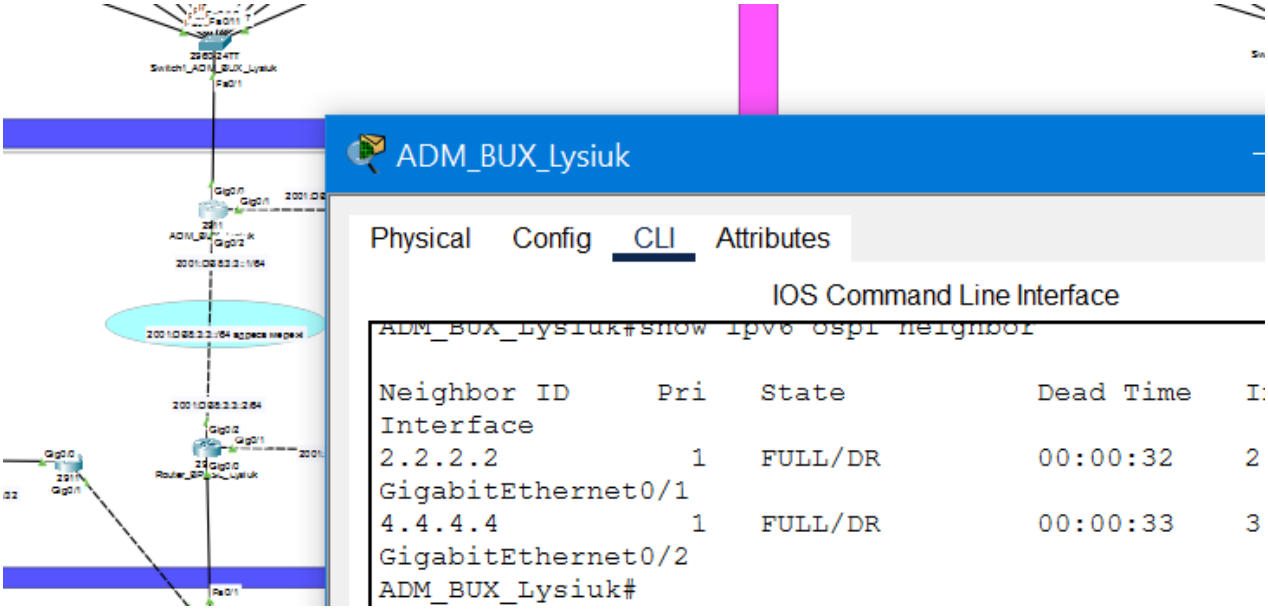

Рисунок 3.19 – Перевірки стану сусідства (adjacency) у протоколі OSPFv3 на маршрутизаторі ADM_BUX_Lysiuk

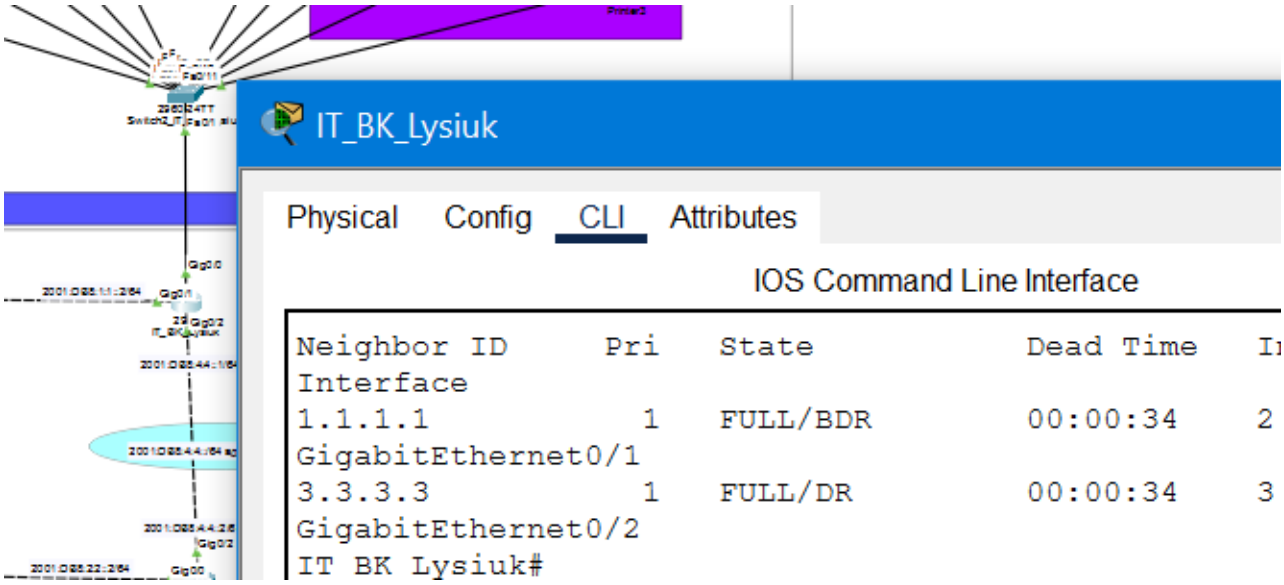

Рисунок 3.20 – Перевірки стану сусідства (adjacency) у протоколі OSPFv3 на маршрутизаторі IT_BK_Lysiuk

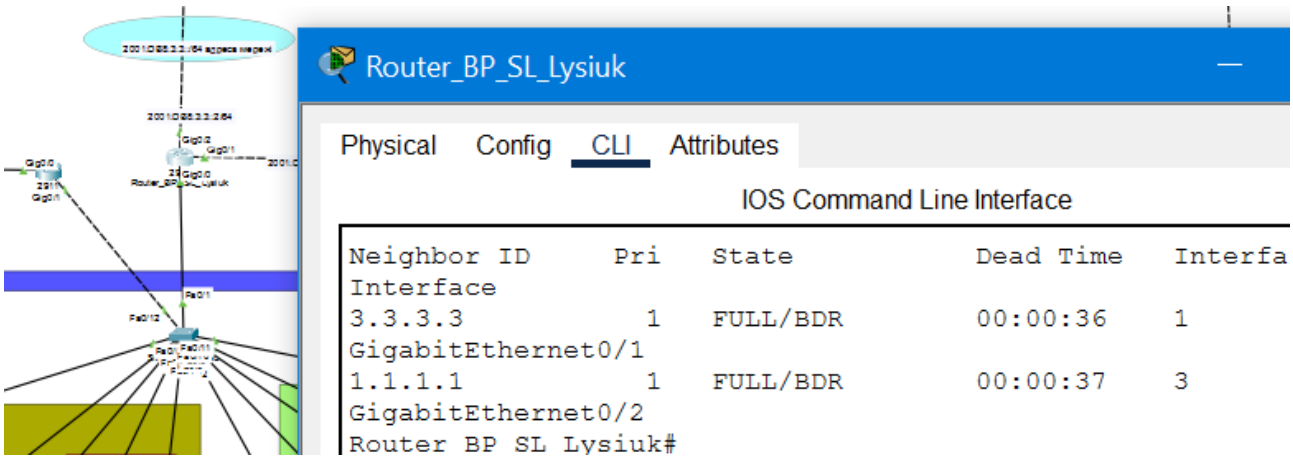

Рисунок 3.21 – Перевірки стану сусідства (adjacency) у протоколі OSPFv3 на маршрутизаторі Router_BP_SL_Lysiuk

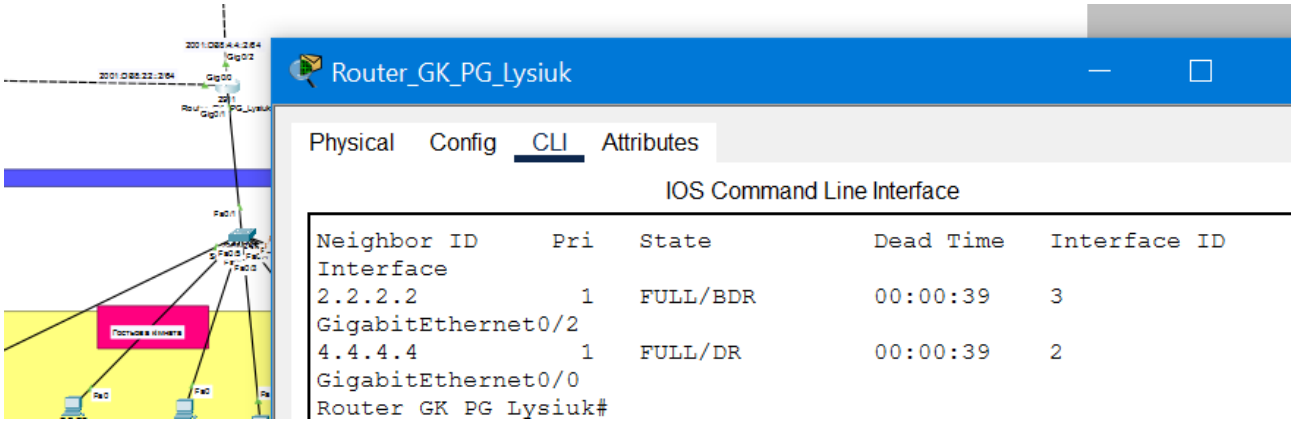

Рисунок 3.22 – Перевірки стану сусідства (adjacency) у протоколі OSPFv3 на маршрутизаторі Router_GK_PG_Lysiuk

Використання OSPFv3 у мережах IPv6 забезпечує автоматизацію процесу маршрутизації, підвищує відмовостійкість мережі та спрощує адміністрування великих інфраструктур.

У результаті налаштування маршрутизатори автоматично обмінюються маршрутною інформацією IPv6, що забезпечує динамічну маршрутизацію та швидку адаптацію мережі до змін топології. Шляхи налаштування можна побачити з використанням таблиці маршрутизації.

Таблиця маршрутизації на маршрутизаторі − це спеціальна база даних, у якій зберігається інформація про доступні мережі, напрямки передавання пакетів та інтерфейси, через які здійснюється маршрутизація трафіку. Вона використовується

маршрутизатором для визначення найкращого шляху доставки даних до мережі призначення.

Записи в таблиці маршрутизації можуть формуватися кількома способами: автоматично через безпосередньо підключені мережі, статично адміністратором або динамічно за допомогою протоколів маршрутизації, таких як OSPF, RIP чи EIGRP. Для перегляду таблиці маршрутизації IPv4 використовується команда show ip route або show ipv6 route для IPv6.

Позначення маршрутів мають таке значення:

– C − безпосередньо підключена мережа (Connected);

– S − статичний маршрут (Static);

– O− маршрут, отриманий через OSPF;

– D − маршрут, отриманий через EIGRP;

– R − маршрут, отриманий через RIP.

Маршрут складається з кількох основних елементів: адреси мережі призначення, адміністративної відстані, метрики, наступного вузла (Next Hop) та вихідного інтерфейсу.

Таблиця маршрутизації постійно оновлюється відповідно до змін топології мережі. Якщо один із маршрутів стає недоступним, маршрутизатор автоматично обирає альтернативний шлях або видаляє недійсний запис.

У сучасних комп’ютерних мережах таблиця маршрутизації є основним елементом функціонування маршрутизатора, оскільки саме вона забезпечує коректне передавання пакетів між різними мережевими сегментами. Маршрутизація може бути статична (передбачає ручне внесення маршрутів адміністратором) та динамічна (реалізується за допомогою спеціалізованих протоколів (OSPF, EIGRP, RIP, IS-IS). В мережах поєднання статичних та динамічних маршрутів у таблиці маршрутизації дозволяє досягти оптимального балансу між стабільністю та гнучкістю, що є необхідною умовою для побудови надійної та масштабованої мережевої інфраструктури.

На рисунка 3.23-3.24 подано таблиці маршрутизації на маршрутизаторах ADM_BUX_Lysiuk та IT_BK_Lysiuk.

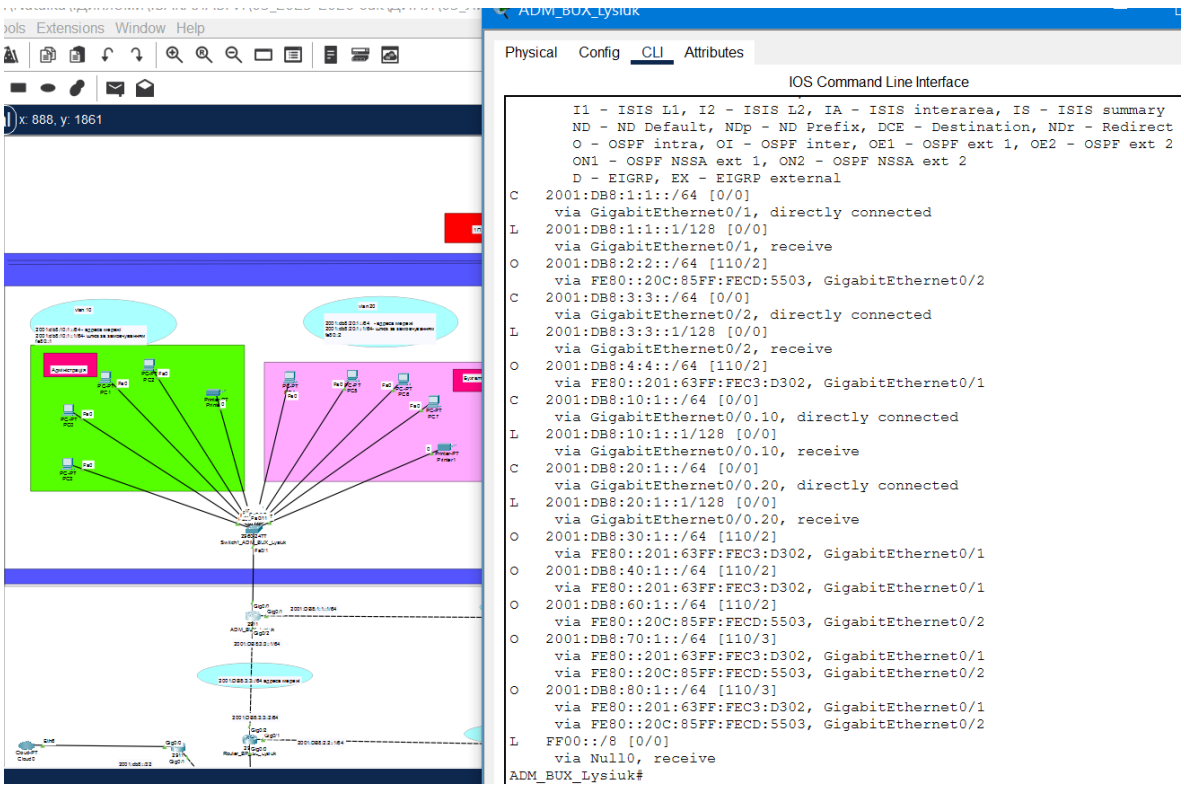

Рисунок 3.23 – Таблиця маршрутизації на маршрутизаторі ADM_BUX_Lysiuk

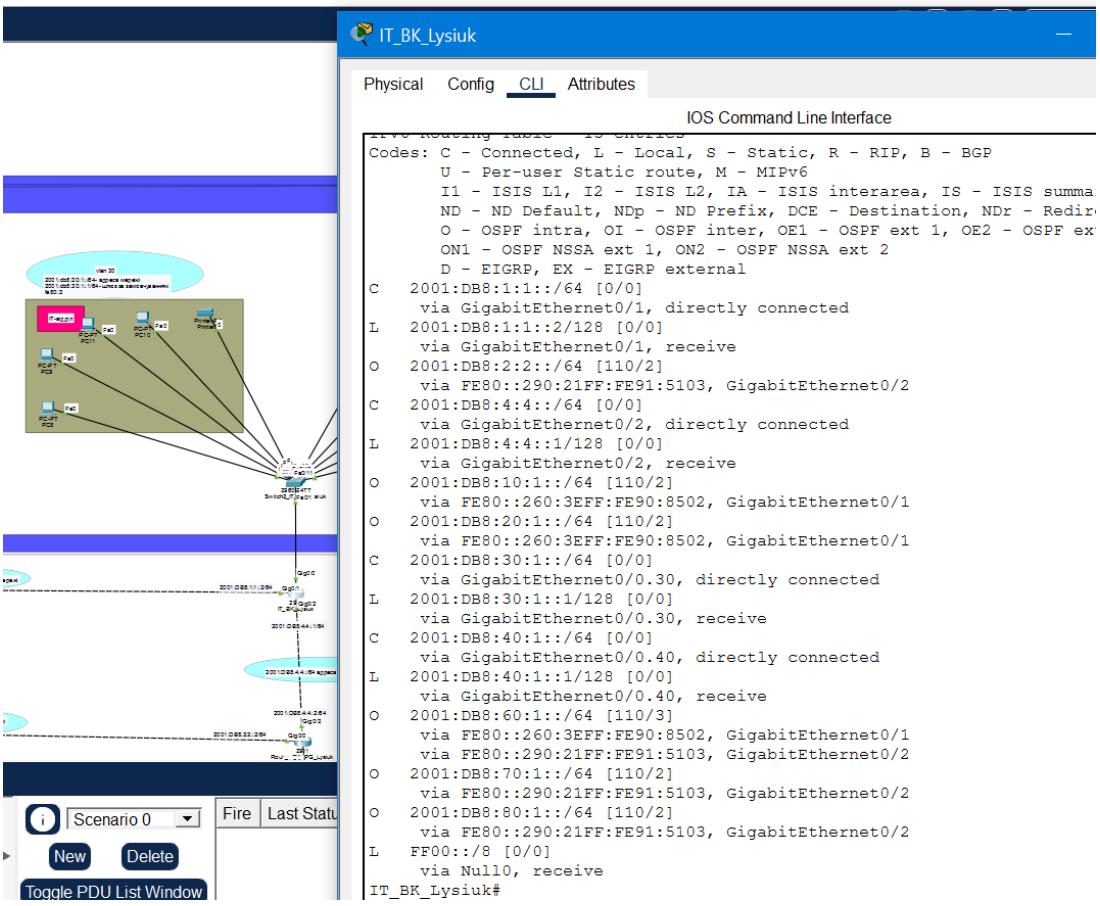

Рисунок 3.24 – Таблиця маршрутизації на маршрутизаторі IT_BK_Lysiuk

На рисунка 3.25-3.26 подано таблиці маршрутизації на маршрутизаторах ADM_BUX_Lysiuk та IT_BK_Lysiuk.

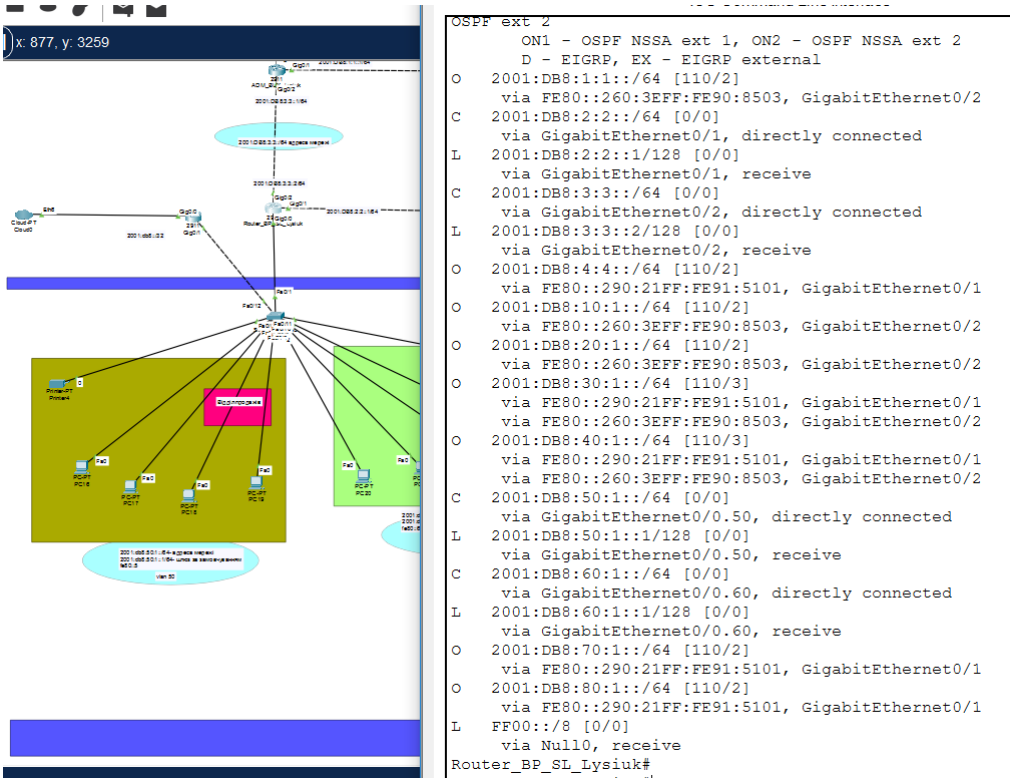

Рисунок 3.25 – Таблиця маршрутизації на маршрутизаторі Router_BP_SL_Lysiuk

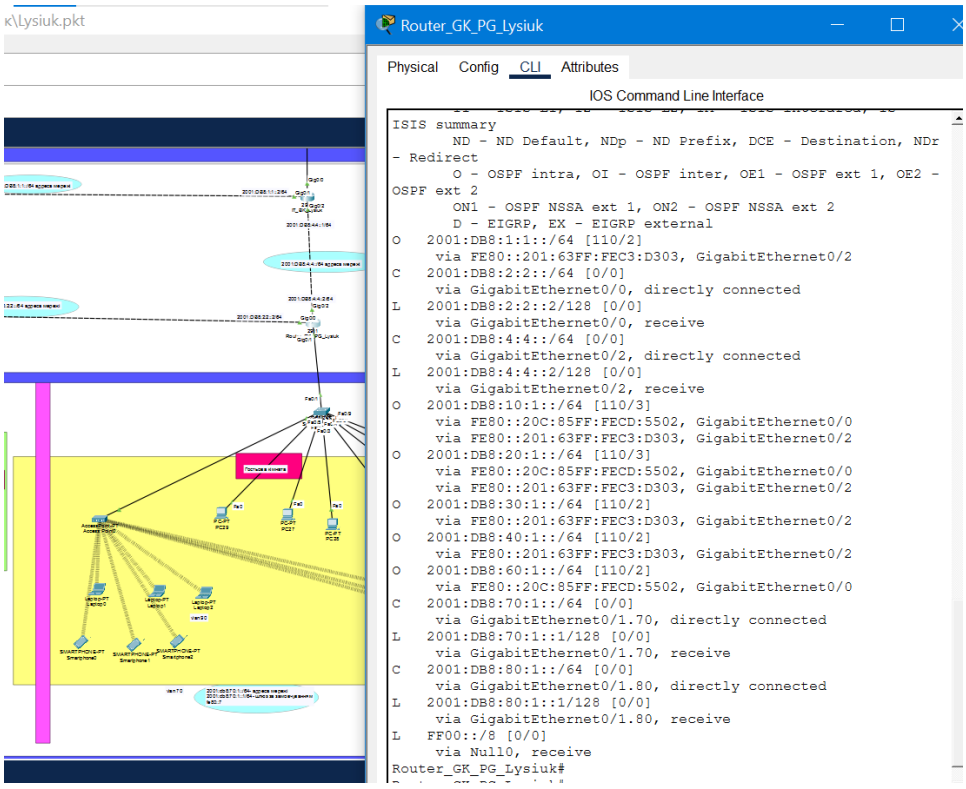

Рисунок 3.26 – Таблиця маршрутизації на маршрутизаторі Router_GK_PG_Lysiuk

У результаті реалізації проєкту побудована мережа підприємства (рис. 3.27) з використанням сучасних механізмів адресації, зокрема протоколу IPv6. Перехід на IPv6 забезпечив розширений простір адрес, що дозволяє уникнути обмежень, характерних для IPv4, та створює умови для масштабованості мережі. Використання глобальних уніказних адрес сприяло організації повноцінної маршрутизації між сегментами мережі, а застосування локальних (link-local) адрес забезпечило коректну взаємодію між пристроями на канальному рівні.

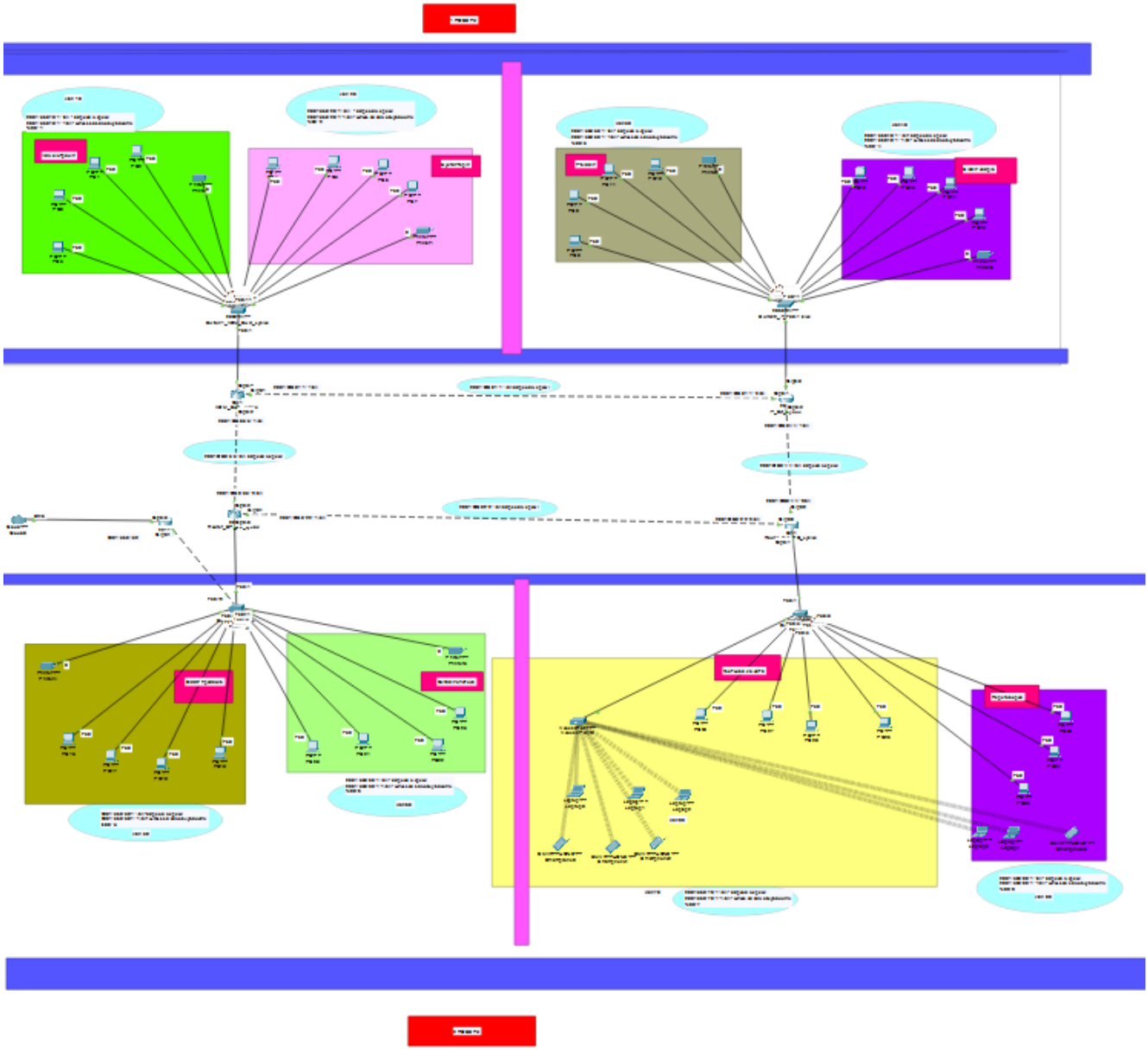

Рисунок 3.27 – Схема мережі

Таким чином, впровадження IPv6-адресації для проєктування мережі підприємства не лише забезпечило відповідність сучасним стандартам, але й створило основу для подальшого розвитку інфраструктури, включно з інтеграцією нових сервісів та протоколів маршрутизації.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи досліджено сучасні підходи до проєктування комп'ютерних мереж підприємств із використанням протоколу IPv6 та реалізовано модель мережевої інфраструктури, що відповідає сучасним вимогам до продуктивності, масштабованості та ефективності функціонування мережі підприємства.

У ході роботи досліджено методи маршрутизації в IPv6-мережах та визначено особливості їх використання у сучасних мережевих середовищах. Проведений аналіз показав, що використання протоколів динамічної маршрутизації забезпечує швидку адаптацію мережі до змін топології, підвищує надійність передавання даних та спрощує адміністрування мережевої інфраструктури. Особливу увагу приділено можливостям протоколу OSPFv3, який забезпечує ефективну підтримку IPv6-адресації та оптимізацію процесу маршрутизації між сегментами мережі.

У роботі розроблено структуру підприємства та логічну топологію мережі з урахуванням потреб різних підрозділів і перспектив подальшого розвитку організації. Створена топологія забезпечує раціональний розподіл мережевих ресурсів, підвищує рівень керованості мережею та дозволяє ефективно організувати взаємодію між окремими сегментами мережі підприємства.

Для підвищення рівня безпеки та оптимізації мережевого трафіку виконано сегментацію мережі за допомогою технології VLAN. Використання VLAN дозволило логічно розділити мережу на окремі віртуальні сегменти відповідно до структури підприємства, що сприяє зменшенню широкомовного трафіку, покращенню продуктивності мережі та спрощенню адміністрування мережевої інфраструктури.

У процесі реалізації проєкту налаштовано DHCPv6 з відстеженням стану, що забезпечило автоматизоване призначення IPv6-адрес та інших параметрів мережевої конфігурації для клієнтських пристроїв. Використання даного механізму дозволяє спростити процес адміністрування мережі, зменшити

ймовірність помилок під час налаштування пристроїв та підвищити ефективність керування адресним простором.

Також у роботі реалізовано маршрутизацію з використанням протоколу OSPFv3 для підтимки IPv6. Налаштування даного протоколу дозволило забезпечити автоматичний обмін маршрутною інформацією між маршрутизаторами, підвищити відмовостійкість мережі та забезпечити стабільну передачу даних між різними сегментами мережевої інфраструктури підприємства.

Крім того, оцінено перспективи розширення мережевої інфраструктури підприємства. Встановлено, що використання IPv6 створює значні можливості для масштабування мережі, підключення нових пристроїв і впровадження сучасних інформаційних сервісів без суттєвих змін у базовій структурі мережі. Це дозволяє забезпечити довготривале функціонування мережевої інфраструктури та її готовність до подальшого розвитку.

Отже, поставлена мета кваліфікаційної роботи була досягнута, а всі визначені завдання виконані у повному обсязі. Результати роботи підтверджують доцільність використання протоколу IPv6 у сучасних мережах та демонструють ефективність застосування технологій VLAN, DHCPv6 і OSPFv3 для побудови сучасної, надійної та масштабованої мережевої інфраструктури підприємства.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Основи мережних систем. Мережі на основі ПК. Short URL service Surli FREE Short Links. URL: https://surl.li/hexhaf (дата звернення: 11.01.2026).

2. Класифікація мережевого обладнання: глибокий погляд. Cyberdream Цифрова Мрія. URL: https://surl.li/kherzq (дата звернення: 16.01.2026).

3. Що таке програмно-визначені мережі (SDN) | Netwave. Netwave. URL: https://netwave.ua/blog/software-defined-networking-sdn-viznachennya-j-osoblivosti-programno-viznachenih-merezh/ (дата звернення: 16.01.2026).

4. Астуріас Д. IP4 проти IP6: 11 ключових відмінностей (оновлено). RapidSeedbox. URL: https://www.rapidseedbox.com/uk/blog/ipv6-vs-ipv4 (дата звернення: 20.01.2026).

5. IPv6: що це і як воно впливає на сучасні мережі. HomeNet - Інтернет провайдер. URL: https://homenet.online/ipv6-osnovi-ta-vpliv-na-merezhevi-tehnologiyi/ (дата звернення: 27.01.2026).

6. Астуріас Д. Що таке IPv6? RapidSeedbox. URL: https://www.rapidseedbox.com/uk/blog/what-is-ipv6#03 (дата звернення: 07.02.2026).

7. Протоколи маршрутизації та використання протоколу IPv6. Client Challenge. URL: https://surl.lu/qlivbi (date of access: 15.02.2026).

8. IIE Soc. Segment Routing in IPv6 (SRv6), 2023. YouTube. URL: https://www.youtube.com/watch?v=M4emRUK3kT0 (date of access: 19.02.2026).

9. RIPE NCC. Основи протоколу IPv6. 10. Протокол виявлення сусідів (NDP), 2024. YouTube. URL: https://www.youtube.com/watch?v=I5DNRYQ7o5k (дата звернення: 04.03.2026).

10. Сазерленд Р. Навіщо використовувати IPv6-проксі? Швидкість, економія та ротація. RapidSeedbox. URL: https://surl.li/rbuvbk (дата звернення: 11.03.2026).

11. Чому IPv6 швидший за IPv4: переваги сучасного інтернет-протоколу Блог Hostpro. URL: https://hostpro.ua/blog/ua/why-ipv6-is-faster-than-ipv4/ (дата звернення: 17.03.2026).