

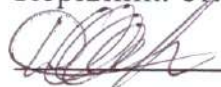
Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Житомирська політехніка»
Факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра
на тему: «Проект корпоративної мережі на базі
протоколу BGP»

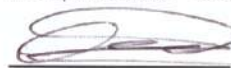
Виконав: студент 4-го курсу групи КІ-21-1
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

 Анатолій ШЕПЕЛИН

Керівник: ст. викладач кафедри КІ та КБ

 Ольга ДЯЧУК

Рецензент: завідувач кафедри КІ та КБ, к. т. н., доцент

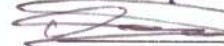
 Андрій ЄФІМЕНКО

Державний університет «Житомирська політехніка»
Факультет інформаційно-комп'ютерних технологій
Кафедра комп'ютерної інженерії та кібербезпеки
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітня програма «Комп'ютерна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри комп'ютерної
інженерії та кібербезпеки

 Андрій Єфіменко

3 березня 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на випускню кваліфікаційну роботу бакалавра

Студент: Шепелин Анатолій Дмитрович

Тема роботи: «Проект корпоративної мережі на базі протоколу BGP»

затверджена Наказом університету від 3 березня 2025 р. № 79/с

Термін здачі студентом закінченої роботи 23 червня 2025 р.

Вихідні дані роботи (зазначається предмет і об'єкт дослідження): побудова корпоративної мережі та її налаштування з використанням протоколу BGP

Обладнання та програмне забезпечення:

1. Програмне забезпечення: Мережний симулятор GNS3, Oracle VirtualBox
2. ОС: Windows 7, Windows 10

Консультанти з випускної кваліфікаційної роботи із зазначенням розділів, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Дячук О. Ю.	01.04.2025	01.04.2025
2	Дячук О. Ю.	01.04.2025	01.04.2025
3	Дячук О. Ю.	01.04.2025	01.04.2025

Студент  Анатолій ШЕПЕЛИН

Керівник  Ольга ДЯЧУК

Календарний план

№ з/п	Назви етапів випускної кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Постановка завдання	24.03.2025	
2	Аналіз отриманого завдання та уточнення поставлених завдань	31.03.2025	
3	Аналіз літературних джерел	07.04.2025	
4	Аналіз об'єкта дослідження	14.04.2025	
5	Постановка задачі дослідження	21.04.2025	
6	Розробка структурної моделі	28.04.2025	
7	Вибір технології для реалізації	05.05.2025	
8	Розробка корпоративної мережі	12.05.2025	
9	Налаштування мережі	19.05.2025	
10	Адміністрування мережі	26.05.2025	
11	Перевірка працездатності	28.05.2025	
12	Оформлення пояснювальної записки	2.06.2025	
13	Захист	23.06.2025	

Студент  Анатолій ШЕПЕЛИН

Керівник  Ольга ДЯЧУК

АНОТАЦІЯ

Текстова частина викладена на 52 сторінках друкованого тексту.

Пояснювальна записка має 49 сторінок додатків. Список використаних джерел містить 20 найменувань та займає 2 сторінки. В роботі наведено 25 рисунків. Загальний обсяг роботи - 103 сторінки.

Метою кваліфікаційної роботи є комплексне проектування та реалізація корпоративної мережевої інфраструктури, що функціонує на основі протоколу BGP.

У ході дослідження було проаналізовано теоретичні аспекти та практичні особливості застосування даного протоколу, включаючи його переваги та недоліки в сучасних мережах.

Було виконано проектування архітектури мережі, розроблено ієрархічну схему IP-адресації та здійснено підбір необхідного обладнання.

Завершальна частина роботи присвячена детальному опису процесу конфігурації пристроїв та всебічному тестуванню функціоналу спроєктованої системи.

Ключові слова: IP, BGP, VLAN, CONFEDERATION, МАРШРУТИЗАТОР, КОМУТАТОР, ТОПОЛОГІЯ.

					KKIK.KP.B – 123 – 18 – ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шепелин А. Д.		23.06	Проект корпоративної мережі на базі протоколу BGP	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Дячук О. Ю.		23.06			4	103
Реценз.		Єфіменко А. А.		23.06				
Н. контр.		Дячук О. Ю.		25.06				
Затверд.		Єфіменко А. А.		23.06				
						ФІКТ, Гр. КІ-21-1		

ANNOTATION

The text part is set out on 52 pages of printed text.

The explanatory note has 49 pages of appendices. The list of references includes 11 titles and occupies 1 page. The paper contains 21 figures. The total volume of the work is 101 pages.

The purpose of the qualification work is the integrated design and implementation of a corporate network infrastructure operating on the basis of the BGP protocol.

The study analyzed the theoretical aspects and practical features of the application of this protocol, including its advantages and disadvantages in modern networks.

The network architecture was designed, a hierarchical IP addressing scheme was developed, and the necessary equipment was selected.

The final part of the paper is devoted to a detailed description of the device configuration process and comprehensive testing of the functionality of the designed system.

Keywords: IP, BGP, VLAN, CONFEDERATION, ROUTER, SWITCH, TOPOLOGY.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ BGP В КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖАХ	9
1.1. Загальна характеристика протоколу BGP	9
1.1.1. Роль BGP як протоколу зовнішньої маршрутизації в Інтернеті	10
1.1.2. Використання TCP (порт 179) для встановлення надійних сесій	11
1.2. Протоколи iBGP, eBGP та MP-BGP	13
1.2.1. External BGP. Обмін маршрутною інформацією між різними автономними системами (AS)	15
1.2.2. Internal BGP: синхронізація зовнішніх маршрутів у межах однієї автономної системи	16
1.2.3. Необхідність повнозв'язної топології iBGP, методи її оптимізації	17
1.3. Топології протоколу BGP	18
1.4. Атрибути BGP та процес вибору найкращого маршруту	21
1.4.1. Класифікація атрибутів	22
1.4.2. Розгляд ключових атрибутів для управління трафіком	23
1.4.3. Алгоритм вибору найкращого шляху BGP	25
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ТА ПОЛІТИК МАРШРУТИЗАЦІЇ МЕРЕЖІ	28
2.1. Формулювання вимог до мережі	28
2.2. Проєктування фізичної та логічної топології мережі	29
2.3. Розробка схеми IPv4/IPv6-адресації	33
2.4. Розробка політик маршрутизації	37
РОЗДІЛ 3. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ, НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛУ МЕРЕЖІ	40
3.1. Вибір обладнання для побудови мережі	40
3.2. Налаштування пристроїв побудованої мережі	42
3.3. Тестування функціоналу мережі	48
ВИСНОВКИ	52
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	53
ДОДАТКИ	55

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ОС – операційна система

ПЗ – програмне забезпечення

IP – Internet Protocol

BGP – Border Gateway Protocol

VM – Virtual machine

WAN – wide area network

AS – Autonomous System

DDoS – denial-of-service attack

OSPF – Open Shortest Path First

EIGRP – Enhanced Interior Gateway Routing Protocol

MP-BGP – Multiprotocol Border Gateway Protocol

ULA – United Launch Alliance

VLSM – Variable Length Subnet Mask

SLAAC – Stateless address autoconfiguration

ACL – Access Control List

IGP – Interior gateway protocol

HSRP – Hot Standby Router Protocol

AD – Administrative distance

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ВСТУП

Актуальність теми. Сучасний світ критично залежить від стабільного інтернет-з'єднання. Протокол BGP забезпечує безперервність з'єднання, дозволяючи компаніям підключатися до кількох провайдерів. Це усуває єдину точку відмови та гарантує автоматичне перемикання трафіку на резервний канал у разі збою.

З розвитком хмарних та гібридних інфраструктур BGP став інструментом гнучкого управління трафіком. Він дозволяє маніпулювати маршрутами для оптимізації продуктивності критичних додатків та контролю витрат на зв'язок.

BGP є ключовим інструментом для побудови масштабованих глобальних мереж (WAN), надаючи гнучкість політик для управління складними потоками даних. Крім того, він дозволяє ефективно протидіяти DDoS-атакам, що є критично важливим для захисту цифрових активів.

Метою кваліфікаційної роботи є дослідження, проектування та реалізація масштабованої корпоративної мережі з використанням протоколу BGP, яка забезпечує високу відмовостійкість, ефективну маршрутизацію трафіку між автономними системами та можливість впровадження гнучких політик керування маршрутизацією.

Визначена мета обумовлює наступні завдання:

- Дослідити теоретичні відомості протоколу BGP;
- Розробити макет мережі, для подальшого налаштування;
- Побудувати стабільно працюючу мережу на базі технологій протоколу BGP.

Об'єктом дослідження є процес розробки та побудови корпоративної мережі на базі протоколу BGP.

Предметом дослідження є механізми маршрутизації в мережевому середовищі на основі протоколу маршрутизації BGP, включаючи його реалізації iBGP та eBGP, топології взаємодії AS та механізми вибору маршрутів у корпоративних мережах.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ТА АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ BGP В КОРПОРАТИВНИХ МЕРЕЖАХ

1.1. Загальна характеристика протоколу BGP

Протокол BGP (Border Gateway Protocol) є фундаментальним протоколом динамічної маршрутизації, який є основою глобальної мережі Інтернет. Його головне призначення полягає в обміні інформацією про досяжність мережевих префіксів між великими, незалежно керованими блоками мереж, що називаються автономними системами (AS). На відміну від протоколів внутрішньої маршрутизації (IGP), таких як OSPF чи EIGRP, які працюють всередині однієї організації, BGP створений для забезпечення зв'язку та ухвалення рішень про маршрутизацію в глобальному масштабі.

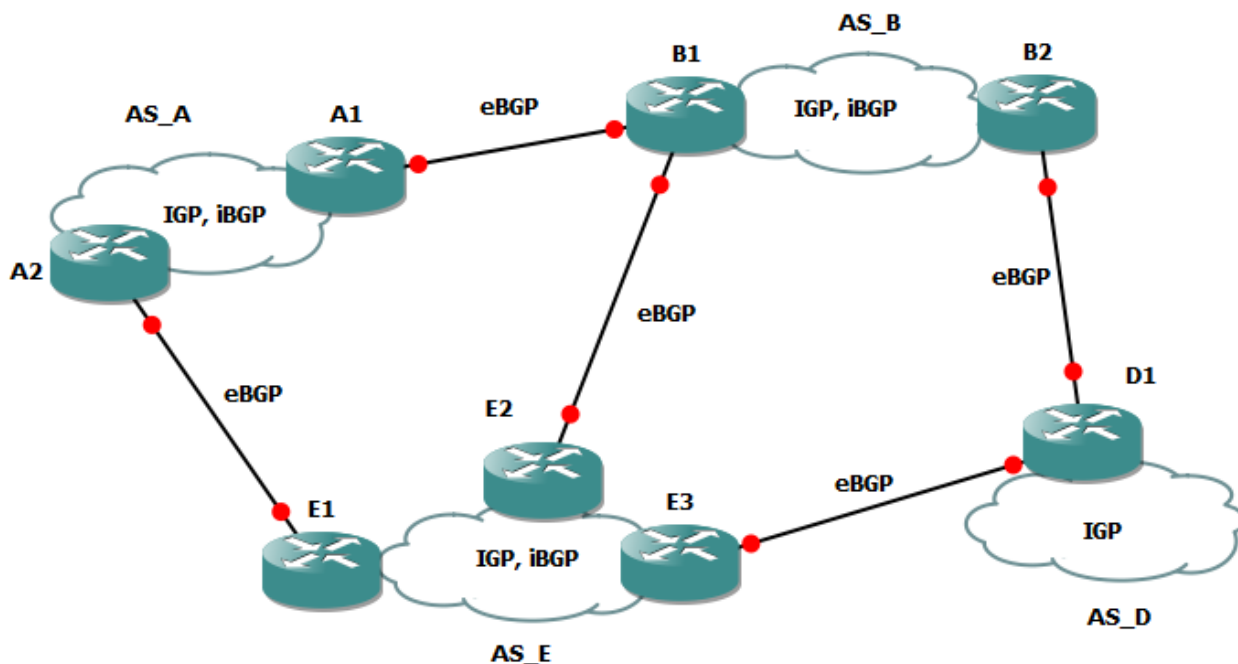


Рисунок 1.1.1 – Приклад автономних систем в мережі

Ключовою характеристикою BGP є те, що він належить до класу Path Vector ("вектор шляху") протоколів. Це означає, що при ухваленні рішення про найкращий маршрут BGP аналізує не просто метрику (відстань чи швидкість), а повний шлях, представлений у вигляді послідовності номерів автономних систем (атрибут AS-PATH). Такий підхід дозволяє ефективно виявляти та запобігати петлям маршрутизації.

Іншою важливою особливістю є використання протоколу TCP (порт 179) як транспорту. Це гарантує надійну, впорядковану та орієнтовану на з'єднання доставку оновлень маршрутизації між BGP-сусідами, що є критично важливим для стабільності Інтернету. Завдяки своїй архітектурі, BGP дозволяє реалізовувати складні політики маршрутизації, надаючи адміністраторам мереж гнучкі інструменти для управління вхідними та вихідними потоками трафіку на основі бізнес-вимог, а не лише технічних параметрів каналу.

1.1.1. Роль BGP як протоколу зовнішньої маршрутизації в Інтернеті

Роль BGP як протоколу зовнішньої маршрутизації (Exterior Gateway Protocol, EGP) є визначальною для функціонування глобального Інтернету. На відміну від протоколів внутрішньої маршрутизації (Interior Gateway Protocol, IGP), таких як OSPF або EIGRP, що призначені для обміну маршрутами в межах однієї автономної системи (AS), BGP виконує функцію "клею", який з'єднує ці окремі системи в єдину всесвітню мережу. Кожна автономна система – це, по суті, велика мережа під єдиним адміністративним керуванням (наприклад, інтернет-провайдер, велика корпорація чи університет), яка має власну політику маршрутизації.

Основна задача BGP полягає в тому, щоб надати цим автономним системам механізм для обміну інформацією про те, які мережеві префікси є досяжними через кожен з них. Цей процес дозволяє маршрутизатору в одній точці світу знайти шлях до сервера в іншій, навіть якщо вони знаходяться в абсолютно різних, не пов'язаних напряму мережах. BGP забезпечує масштабованість, необхідну для роботи з величезною глобальною таблицею маршрутизації, яка містить сотні тисяч і навіть мільйони маршрутів, що є непідйомним завданням для будь-якого IGP.

Ключовим аспектом ролі BGP є реалізація політик. Взаємодія між великими провайдерами визначається не стільки технічною ефективністю шляху (його швидкістю чи затримкою), скільки домовленостями, угодами про піринг та економічними чинниками. BGP, завдяки своїм атрибутам, надає адміністраторам потужні

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

інструменти для впровадження цих політик, дозволяючи контролювати, куди відправляти трафік та як приймати трафік від сусідніх автономних систем, що є основою керованості та стабільності Інтернету.

1.1.2. Використання TCP (порт 179) для встановлення надійних сесій

Вибір протоколу транспортного рівня є фундаментальним архітектурним рішенням для будь-якого протоколу маршрутизації. На відміну від багатьох протоколів внутрішньої маршрутизації, таких як RIP (що використовує UDP) або OSPF та EIGRP (які працюють безпосередньо поверх IP), BGP був розроблений для роботи поверх протоколу керування передачею (TCP). Такий вибір не є випадковим і диктується вимогами до максимальної надійності та керованості при обміні критично важливою інформацією між автономними системами.

Робота BGP починається зі встановлення TCP-з'єднання між двома маршрутизаторами-сусідами (пірами) через порт 179. Маршрутизатор, що ініціює з'єднання, виступає в ролі клієнта і використовує довільний динамічний порт, тоді як маршрутизатор, що приймає з'єднання, слухає на добре відомому порту 179. Процес встановлення сесії проходить через стандартний триетапний механізм рукостискання TCP (SYN, SYN-ACK, ACK), що гарантує готовність обох сторін до обміну даними.

Після того, як TCP-сесія встановлена, BGP-маршрутизатори починають обмін спеціалізованими повідомленнями для встановлення та підтримки самої BGP-сесії. Існує чотири основних типи повідомлень BGP:

1. OPEN.
2. UPDATE.
3. KEEPALIVE.
4. NOTIFICATION.

Перше повідомлення (OPEN), що надсилається після встановлення TCP-з'єднання. Воно містить основні параметри для узгодження сесії, такі як версія BGP, номер автономної системи (ASN) відправника, запропонований час утримання

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

(Hold Time) та унікальний ідентифікатор BGP-маршрутизатора. Якщо обидві сторони приймають параметри одна одної, сесія переходить у встановлений стан.

Найважливіше повідомлення (UPDATE), яке є серцем BGP. Воно використовується для передачі інформації про маршрути. Повідомлення UPDATE містить три ключові компоненти:

- Network Layer Reachability Information (NLRI) – список IP-префіксів, які анонсуються.
- Path Attributes (PA) – набір атрибутів (AS_PATH, NEXT_HOP тощо), що описують шлях до цих префіксів.
- Withdrawn Routes – список префіксів, які більше не є досяжними і повинні бути видалені з таблиці маршрутизації.

Періодичні повідомлення (KEEPALIVE), які підтверджують, що BGP-сесія активна, а сусідній маршрутизатор функціонує. За замовчуванням KEEPALIVE надсилаються кожні 60 секунд. Якщо маршрутизатор не отримує KEEPALIVE або UPDATE повідомлення від сусіда протягом певного періоду (Hold Time, за замовчуванням 180 секунд), він вважає сесію розірваною.

Повідомлення про помилку (NOTIFICATION). Якщо маршрутизатор виявляє помилку в отриманому повідомленні (наприклад, непідтримувані параметри в OPEN або синтаксичну помилку в UPDATE), він надсилає повідомлення NOTIFICATION із кодом помилки і негайно розриває BGP-сесію.

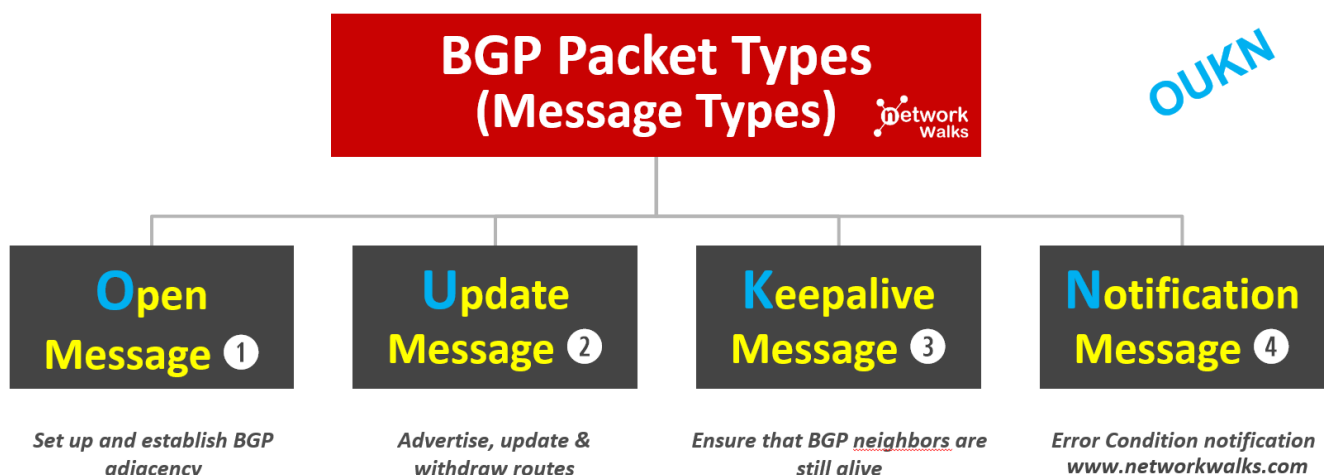


Рисунок 1.1.2 – Типи повідомлень BGP

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Таким чином, використання TCP звільняє BGP від необхідності самостійно реалізовувати механізми надійної доставки, контролю потоку, фрагментації та відновлення даних. Протокол BGP може повністю покластися на перевірену роками надійність TCP, що дозволяє йому зосередитись на своїй головній задачі – реалізації складної логіки політик маршрутизації між автономними системами. Це є ключовою відмінністю, що забезпечує стабільність та керованість глобальної мережі Інтернет.

1.2. Протоколи iBGP, eBGP та MP-BGP

Для виконання своїх завдань протокол BGP використовує два фундаментально різні типи сесій – eBGP та iBGP. Вони визначають, як саме відбувається обмін маршрутною інформацією залежно від того, чи знаходяться сусіди в одній або в різних автономних системах. Разом з тим, для підтримки сучасних мультипротокольних мереж було розроблено розширення MP-BGP, яке надає протоколу необхідну універсальність.

External BGP – це тип сесії, що встановлюється між маршрутизаторами, які належать до різних автономних систем (AS). Саме eBGP є протоколом, що об'єднує незалежні мережі в глобальний Інтернет. Його основна функція – обмін маршрутами та застосування політик маршрутизації між провайдерами, а також між провайдерами та їхніми клієнтами.

Internal BGP – це сесія, що встановлюється між маршрутизаторами в межах однієї автономної системи. Головне призначення iBGP – розповсюдити зовнішні маршрути, отримані одним прикордонним маршрутизатором через eBGP, усім іншим маршрутизаторам всередині цієї ж AS. Це гарантує, що всі пристрої в системі мають повну та узгоджену інформацію про зовнішні шляхи і можуть приймати правильні рішення щодо маршрутизації.

Multiprotocol BGP – це не окремий тип протоколу, а критично важливе розширення до BGP, визначене в RFC 4760. Його було створено для подолання початкового обмеження BGP, який був розроблений виключно для передачі маршрутів IPv4. MP-BGP дозволяє одному протоколу BGP одночасно переносити маршрутну

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

інформацію для абсолютно різних мережевих протоколів, відокремлюючи їх у логічні потоки.

Принцип роботи та механізми.

Ключова ідея MP-BGP – це концепція адресних родин (Address Families). Під час встановлення BGP-сесії маршрутизатори обмінюються інформацією про те, які саме адресні родини вони підтримують. Адресна родина визначається парою ідентифікаторів: AFI (Address Family Identifier) та SAFI (Subsequent Address Family Identifier). Наприклад:

AFI = 1, SAFI = 1 означає IPv4 Unicast (стандартні IPv4-маршрути).

AFI = 2, SAFI = 1 означає IPv6 Unicast (стандартні IPv6-маршрути).

AFI = 1, SAFI = 128 означає VPNv4 Unicast (для MPLS L3VPN).

AFI SAFI			
inet	any	1 (IPv4)	1 (Unicast) and 2 (Multicast)
	flow	1 (IPv4)	133 (IPv4 dissemination of flow specification rules)
	labeled-unicast	1 (IPv4)	4 (MPLS Label)
	multicast	1 (IPv4)	2 (Multicast)
	unicast	1 (IPv4)	1 (Unicast)
inet-vpn	any	1 (IPv4)	128 (MPLS-labeled VPN)
	flow	1 (IPv4)	134 (VPNv4 dissemination of flow specification rules)
	multicast	1 (IPv4)	129 (Multicast for BGP/MPLS IP VPNs)
	unicast	1 (IPv4)	128 (MPLS-labeled VPN)
inet6	any	2 (IPv6)	1 (Unicast) and 2 (Multicast)
	labeled-unicast	2 (IPv6)	4 (MPLS Label)
	multicast	2 (IPv6)	2 (Multicast)
	unicast	2 (IPv6)	1 (Unicast)
inet6-vpn	any	2 (IPv6)	128 (MPLS-labeled VPN) and 129 (Multicast for BGP/MPLS IP VPNs)
	multicast	2 (IPv6)	129 (Multicast for BGP/MPLS IP VPNs)
	unicast	2 (IPv6)	128 (MPLS-labeled VPN)
inet-mvpn	signaling	1 (IPv4)	5 (MCAST-VPN)
inet6-mvpn	signaling	2 (IPv6)	5 (MCAST-VPN)

Рисунок 1.2.1 – Всі можливі значення AFI та SAFI

Для перенесення інформації цих родин MP-BGP вводить два нових атрибути:

MP_REACH_NLRI (Multiprotocol Reachable NLRI): Цей атрибут містить список досяжних мережевих префіксів та інформацію про Next-Хор для конкретної адресної родини. Наприклад, в одному UPDATE може міститись IPv6-префікс та IPv6-адреса наступного маршрутизатора.

MP_UNREACH_NLRI (Multiprotocol Unreachable NLRI): Цей атрибут несе список префіксів, які більше не є досяжними для певної адресної родини.

Практичне застосування MP-BGP.

MP-BGP є основою для функціонування багатьох сучасних мережевих технологій. Маршрутизація в IPv6-мережах. MP-BGP є стандартом для обміну IPv6-маршрутами в глобальному Інтернеті.

MPLS L3VPN – це одна з найпопулярніших технологій для створення віртуальних приватних мереж. MP-BGP використовується для передачі унікальних маршрутів клієнтів (VPNv4/VPNv6) між PE-маршрутизаторами провайдера.

EVPN (Ethernet VPN) – це технологія для створення мереж другого рівня поверх IP/MPLS. MP-BGP використовується для анонсування MAC-адрес та іншої L2-інформації.

Таким чином, MP-BGP перетворив BGP з протоколу виключно для IPv4-Інтернету на універсальний протокол сигналізації, здатний підтримувати різноманітні сервіси в рамках єдиної інфраструктури.

1.2.1. External BGP. Обмін маршрутною інформацією між різними автономними системами (AS)

External BGP (eBGP) – це основний і початковий сценарій використання протоколу. Сесія eBGP встановлюється між маршрутизаторами, що належать до різних автономних систем. Саме eBGP використовується для з'єднання інтернет-провайдерів (ISP) між собою, а також для підключення корпоративних мереж до своїх провайдерів.

Ключові характеристики та механізми eBGP.

Призначення. Головна функція eBGP – анонсувати мережеві префікси з однієї автономної системи в іншу, фактично "склеюючи" незалежні частини Інтернету.

Модифікація атрибута AS_PATH. Коли маршрутизатор надсилає UPDATE-повідомлення своєму eBGP-сусіду, він додає (prepends) номер власної автономної

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

системи на початок списку в атрибуті AS_PATH. Цей механізм є основою для відстеження шляху проходження маршруту та головним засобом запобігання петлям: якщо маршрутизатор отримує анонс, в AS_PATH якого вже є його власний номер AS, він відкидає такий маршрут.

Модифікація атрибута NEXT_HOP. За замовчуванням, при анонсуванні маршруту eBGP-сусіду, маршрутизатор змінює значення атрибута NEXT_HOP на свою власну IP-адресу, яка використовується для встановлення сесії. Це логічно, оскільки для сусідньої AS наступним кроком на шляху до анонсованої мережі є саме цей прикордонний маршрутизатор.

Time-to-Live (TTL). За замовчуванням, TTL для eBGP-пакетів встановлюється в значення 1. Це є запобіжним заходом, який передбачає, що eBGP-сусіди повинні бути безпосередньо з'єднані. Якщо між ними є один або кілька проміжних маршрутизаторів, необхідно використовувати спеціальну команду `ebgp-multihop`, щоб збільшити значення TTL.

Адміністративна дистанція (AD). Маршрути, отримані через eBGP, вважаються дуже надійними. У маршрутизаторах Cisco їм за замовчуванням присвоюється адміністративна дистанція 20, що є нижчим (а отже, пріоритетнішим) значенням, ніж у будь-якого протоколу IGP (OSPF – 110, EIGRP – 90) або iBGP.

1.2.2. Internal BGP: синхронізація зовнішніх маршрутів у межах однієї автономної системи

Internal BGP (iBGP) використовується для встановлення сесій між маршрутизаторами, що знаходяться в межах однієї автономної системи. Його головна задача – забезпечити, щоб усі маршрутизатори всередині AS мали узгоджену інформацію про зовнішні маршрути, отримані через eBGP. Наприклад, якщо прикордонний маршрутизатор R1 дізнався про маршрут до мережі X від провайдера, він повинен повідомити про цей маршрут іншому прикордонному маршрутизатору R2 та іншим внутрішнім маршрутизаторам своєї AS. Для цього і використовується iBGP.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Ключові характеристики та механізми iBGP.

Призначення. Розповсюдження зовнішніх маршрутів та їхніх атрибутів у середині автономної системи для забезпечення узгодженої політики маршрутизації.

Атрибут AS_PATH. При передачі маршруту iBGP-сусіду атрибут AS_PATH не змінюється, оскільки маршрут не покидає межі своєї поточної автономної системи.

Атрибут NEXT_HOP. За замовчуванням, при передачі маршруту iBGP-сусіду атрибут NEXT_HOP також не змінюється. Тобто, NEXT_HOP залишається IP-адресою зовнішнього eBGP-сусіда. Це вимагає, щоб усі внутрішні маршрутизатори знали, як дістатися до цього NEXT_HOP (зазвичай, через IGP). Для спрощення часто використовується команда next-hop-self, яка змушує маршрутизатор підставляти свою власну IP-адресу як NEXT_HOP при анонсі iBGP-сусідам.

Адміністративна дистанція (AD). Маршрутам, отриманим через iBGP, присвоюється AD 200. Це високе значення робить їх менш пріоритетними, ніж будь-які маршрути, вивчені через IGP. Це запобігає ситуаціям, коли для досягнення внутрішньої точки мережі обирається довший шлях "назовні і назад" через інший BGP-маршрутизатор.

Механізм запобігання петлям. В iBGP відсутній механізм AS_PATH для запобігання петлям. Замість нього використовується правило розділеного горизонту (split-horizon rule): маршрут, отриманий від одного iBGP-сусіда, не може бути анонсований іншому iBGP-сусіду.

1.2.3. Необхідність повнозв'язної топології iBGP, методи її оптимізації

Правило розділеного горизонту в iBGP має важливий наслідок: для того, щоб усі iBGP-маршрутизатори в автономній системі обмінялися маршрутами, кожен з них повинен встановити iBGP-сесію з кожним іншим. Це створює вимогу повнозв'язної топології (full-mesh), де кількість сесій розраховується за формулою $n * (n - 1) / 2$, де n – кількість маршрутизаторів. У великих мережах така кількість сесій стає надмірною та складною в управлінні.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Для вирішення цієї проблеми існують два стандартних механізми:

1. Route Reflectors (Відбивачі маршрутів)
2. Confederations (Конфедерації)

Route Reflectors працює наступним чином – один маршрутизатор (або пара для резервування) призначається "відбивачем". Інші маршрутизатори ("клієнти") встановлюють iBGP-сесію тільки з ним. Відбивач має право "відбивати" (пересилати) маршрути, отримані від одного клієнта, іншим клієнтам, порушуючи правило розділеного горизонту в контрольований спосіб.

Confederations працює наступним чином – велика автономна система поділяється на кілька менших, внутрішніх під-AS. Усередині кожної під-AS діє стандартний iBGP (full-mesh або з відбивачами), а між під-AS використовується спеціальний варіант eBGP. Для зовнішнього світу вся конфедерація виглядає як єдина велика автономна система.

1.3. Топології протоколу BGP

Вибір топології підключення до зовнішніх мереж є стратегічним рішенням для будь-якої організації, оскільки він безпосередньо впливає на рівень відмовостійкості, продуктивності та керованості інтернет-з'єднання. Існують кілька стандартних топологій, що відрізняються за складністю, вартістю та можливостями, які вони надають:

3. Single-Homed.
4. Dual-Homed.
5. Single Multi-Homed.
6. Dual Multi-Homed.

Топологія Single-Homed є найпростішим варіантом підключення, за якого організація має один зв'язок з одним інтернет-провайдером (ISP). Фізично це, як правило, один прикордонний маршрутизатор, з'єднаний єдиним каналом з обладнанням провайдера. Цей підхід є найменш витратним і найпростішим в налаштуванні, що робить його популярним для малого бізнесу або для підключень, що не є критично важливими.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Головним недоліком такої топології є повна відсутність відмовостійкості. Будь-яка проблема на шляху – обрив кабелю, збій у роботі маршрутизатора (як на стороні клієнта, так і на стороні провайдера) або глобальні проблеми в мережі самого ISP – призводить до повної втрати зв'язку з Інтернетом. Управління трафіком у такій схемі відсутнє. Використання BGP тут зазвичай є надлишковим; для маршрутизації достатньо одного статичного маршруту за замовчуванням, отриманого від провайдера.

Топологія Dual-Homed підвищує надійність шляхом організації двох окремих каналів зв'язку до одного й того ж інтернет-провайдера. Це може бути реалізовано як з одним, так і з двома прикордонними маршрутизаторами на стороні клієнта, що створює резервування на рівні каналів, а в другому випадку – і на рівні пристроїв.

Такий підхід захищає від відмови одного з фізичних каналів, дозволяючи трафіку автоматично переключитися на резервний. Однак він не вирішує проблему залежності від одного провайдера, який залишається єдиною точкою відмови. Використання BGP у цій топології є доцільним, оскільки протокол забезпечує значно швидше та надійніше автоматичне перемикання між каналами порівняно з альтернативними методами, такими як відстеження стану інтерфейсів (IP SLA) для статичних маршрутів.

Топологія Single Multi-Homed є класичним і найпоширенішим сценарієм для застосування BGP у корпоративному секторі. Вона передбачає підключення до двох або більше різних, незалежних інтернет-провайдерів, як правило, через один потужний прикордонний маршрутизатор. Це забезпечує справжню відмовостійкість на рівні провайдерів.

У разі повної відмови одного ISP, організація не втрачає зв'язок з Інтернетом, оскільки весь трафік автоматично перенаправляється через іншого провайдера. Ця топологія відкриває широкі можливості для управління трафіком. За допомогою атрибутів BGP адміністратори можуть гнучко керувати вихідним трафіком, обираючи пріоритетний канал (наприклад, через LOCAL_PREFERENCE), а також впли-

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

вати на маршрутизацію вхідного трафіку, роблячи один зі шляхів менш привабливим для зовнішніх мереж (наприклад, через AS_PATH Prepending). Єдиним слабким місцем залишається прикордонний маршрутизатор.

Топологія Dual Multi-Homed є найнадійнішим, але водночас найскладнішим і найдорожчим рішенням. Вона передбачає наявність двох або більше прикордонних маршрутизаторів, кожен з яких підключений до двох або більше різних провайдерів. Це забезпечує максимальний рівень резервування, захищаючи від будь-якого одиночного збою: відмови каналу, відмови пристрою чи відмови цілого провайдера.

Така архітектура вимагає ретельного планування та налаштування. Для зв'язку з провайдерами використовуються сесії eBGP. Для того, щоб два прикордонні маршрутизатори всередині компанії обмінювалися маршрутами та мали узгоджену картину мережі, між ними налаштовується сесія iBGP. Крім того, на внутрішній стороні мережі для управління віртуальним шлюзом для клієнтів зазвичай застосовуються протоколи резервування першого переходу, такі як HSRP або VRRP. Ця топологія надає повний контроль над потоками даних і використовується у великих компаніях та дата-центрах, де безперервність роботи є критично важливою.

Таблиця 1.2.1.

Порівняння топологій BGP

Топологія	Кількість ISP	Рівень відмовостійкості	Контроль трафіку	Необхідність BGP
Single-Homed	1	Відсутній	Мінімальний	Необов'язково
Dual-Homed	1	Резервування каналів	Обмежений	Рекомендовано
Single Multi-Homed	2+	Резервування провайдерів	Високий	Обов'язково
Dual Multi-Homed	2+	Максимальний (канали, пристрої, провайдери)	Максимальний	Обов'язково

Отже, вибір топології підключення є компромісом між вартістю, складністю налаштування та рівнем надійності, який вимагається для бізнес-процесів. Простіші схеми, як-от Single-Homed, можуть бути виправданими для некритичних завдань, тоді як Multi-Homed рішення стають стандартом для компаній, що прагнуть забезпечити безперервну роботу своїх сервісів та отримати гнучкий контроль над інтернет-трафіком. Кожен наступний рівень топології надає значно вищий ступінь відмовостійкості, але вимагає відповідних інвестицій в обладнання та експертизу для налаштування BGP.

1.4. Атрибути BGP та процес вибору найкращого маршруту

На відміну від протоколів внутрішньої маршрутизації (IGP), які для вибору шляху використовують прості метрики, BGP ухвалює рішення на основі значно багатшого набору параметрів. Сила та гнучкість протоколу полягає у використанні атрибутів шляху (Path Attributes). Атрибути – це набір характеристик, що прикріплені до кожного маршруту (мережевого префіксу) і передаються в UPDATE-повідомленнях. Вони детально описують походження маршруту, шлях його проходження та надають інструкції щодо того, як до нього слід ставитись. Саме ці атрибути перетворюють BGP з простого протоколу досяжності на потужний інструмент реалізації складних політик маршрутизації.

Основне призначення атрибутів – надати BGP-маршрутизатору всю необхідну інформацію для ухвалення обґрунтованого рішення при виборі найкращого шляху до мережі призначення. Коли маршрутизатор отримує інформацію про один і той самий префікс від кількох сусідів, він мусить обрати лише один "найкращий" маршрут для встановлення у свою таблицю маршрутизації (Routing Information Base, RIB) та для подальшого анонсування іншим сусідам. Маніпулюючи значеннями цих атрибутів, мережеві адміністратори можуть впливати на цей процес вибору і, як наслідок, керувати потоками вхідного та вихідного трафіку, реалізуючи цілі бізнесу: оптимізацію витрат, балансування навантаження чи виконання умов пірингових угод.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Процес вибору найкращого шляху не є довільним; він слідує чіткому, детермінованому алгоритму, відомому як BGP Best Path Selection Algorithm. Цей алгоритм являє собою послідовний перелік кроків, на кожному з яких перевіряється певний атрибут або параметр маршруту. Порівняння шляхів відбувається крок за кроком, і як тільки на одному з етапів один із шляхів визнається кращим за інший, алгоритм зупиняється, і цей шлях оголошується переможцем. Якщо шляхи є однаковими за поточним критерієм, алгоритм переходить до наступного кроку. Подальші підрозділи детально розглянуть класифікацію цих атрибутів, функціонал найважливіших із них та покрокову роботу самого алгоритму вибору.

1.4.1. Класифікація атрибутів

Усі атрибути BGP, згідно зі стандартом (RFC 4271), класифікуються за двома основними критеріями: їхньою поширеністю та обов'язковістю. Ця класифікація визначає, як саме реалізація BGP повинна обробляти той чи інший атрибут, особливо у випадках, коли він їй невідомий. Такий підхід забезпечує як стабільність роботи протоколу, так і його гнучкість та можливість до розширення.

Поєднання цих критеріїв утворює чотири чітко визначені категорії:

1. Well-known Mandatory (Загальновідомі обов'язкові).
2. Well-known Discretionary (Загальновідомі необов'язкові).
3. Optional Transitive (Опціональні транзитивні).
4. Optional Non-transitive (Опціональні нетранзитивні).

Well-known Mandatory – це фундаментальні атрибути, які повинні розпізнаватися всіма без винятку реалізаціями BGP і повинні бути присутніми в кожному UPDATE-повідомленні, що анонсує маршрут. Якщо BGP-маршрутизатор отримує UPDATE, в якому відсутній один із цих атрибутів, це вважається помилкою, і сесія негайно розривається через надсилання NOTIFICATION-повідомлення.

Приклади: AS_PATH, ORIGIN, NEXT_HOP.

Well-known Discretionary – ці атрибути також повинні розпізнаватися всіма реалізаціями BGP, однак їхня присутність у UPDATE-повідомленні не є обов'язковою. Вони додаються до анонсу за певних умов або згідно з налаштованою політикою.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Приклад: LOCAL_PREF – цей атрибут використовується тільки в iBGP-сесіях для вибору кращої точки виходу з автономної системи і не надсилається eBGP-сусідам.

Optional Transitive – це необов'язкові атрибути, які можуть не підтримуватися деякими реалізаціями BGP. Ключова властивість "транзитивності" означає, що якщо маршрутизатор не розпізнає такий атрибут, він все одно зобов'язаний зберегти його і передати далі своїм BGP-сусідам. При цьому маршрутизатор позначає такий атрибут як "частковий" (partial), вказуючи, що він передав його без повної перевірки. Цей механізм дозволяє новим атрибутам поширюватися мережею, навіть якщо не всі проміжні маршрутизатори їх підтримують.

Приклади: AGGREGATOR, COMMUNITY.

Optional Non-transitive – це також необов'язкові атрибути, які можуть не підтримуватися всіма реалізаціями. На відміну від транзитивних, якщо маршрутизатор не розпізнає такий атрибут, він повинен просто проігнорувати його і видалити з UPDATE-повідомлення, не передаючи далі своїм сусідам.

Приклад: Multi-Exit Discriminator (MED). Цей атрибут призначений для обміну інформацією лише між двома сусідніми автономними системами і не повинен поширюватися далі по Інтернету.

Така структурована класифікація створює надійну та водночас розширювану систему. Загальновідомі атрибути гарантують сумісність та базову функціональність усього Інтернету, тоді як опціональні атрибути надають простір для інновацій та реалізації специфічних політик без ризику порушення роботи протоколу в глобальному масштабі.

1.4.2. Розгляд ключових атрибутів для управління трафіком

Хоча стандарт BGP визначає велику кількість атрибутів, на практиці для реалізації політик маршрутизації використовується обмежений набір найвпливовіших із них. Ці атрибути є основними інструментами, що дозволяють контролювати вихідний (egress) трафік з власної автономної системи та впливати на вхідний (ingress) трафік від сусідніх AS.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

До основних атрибутів відносять:

1. Атрибут WEIGHT.
2. Атрибут LOCAL_PREFERENCE.
3. Атрибут AS_PATH.
4. Атрибут MULTI-EXIT DISCRIMINATOR (MED).

Атрибут WEIGHT є пропрієтарним атрибутом компанії Cisco, який має найвищий пріоритет в алгоритмі вибору шляху на її обладнанні. Головна особливість цього атрибута полягає в його суто локальній дії – він має значення лише для того маршрутизатора, на якому налаштований, і ніколи не передається іншим BGP-сусідам. Механізм його роботи простий: шлях із найбільшим числовим значенням ваги завжди вважається пріоритетнішим.

Стратегічне призначення атрибута WEIGHT – бути простим та потужним інструментом для локального перевизначення будь-яких інших політик. Якщо адміністратору необхідно, щоб конкретний маршрутизатор завжди віддавав перевагу одному з кількох можливих шляхів, незалежно від інших атрибутів, достатньо встановити для цього шляху вищу вагу. Це дозволяє швидко і директивно змінити поведінку одного пристрою, не впливаючи на загальну політику маршрутизації в усій автономній системі.

На відміну від локального WEIGHT, LOCAL_PREFERENCE (LOCAL_PREF) є стандартним (Well-known Discretionary) атрибутом, призначеним для створення узгодженої політики вибору вихідного шляху для всієї автономної системи. Він передається між усіма iBGP-сусідами, але ніколи не покидає межі власної AS. Маршрутизатор завжди надає перевагу шляху з найбільшим значенням LOCAL_PREF. Значення за замовчуванням становить 100.

Практичне застосування цього атрибута є найпоширенішим способом управління вихідним трафіком. Наприклад, якщо компанія має два підключення до Інтернету – основне та резервне, – на прикордонному маршрутизаторі, що підключений до основного провайдера, для всіх отриманих маршрутів встановлюється вищий LOCAL_PREF (наприклад, 200). Ця інформація поширюється по iBGP, і в результаті всі маршрутизатори всередині компанії дізнаються, що саме цей шлях є пріоритетним для виходу в зовнішню мережу.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

AS_PATH – це загальновідомий обов'язковий атрибут, основна функція якого полягає в запобіганні петлям маршрутизації. Однак довжина цього атрибута є одним із ключових критеріїв при виборі шляху: BGP завжди надає перевагу шляху з найкоротшою послідовністю автономних систем. Ця властивість робить AS_PATH ефективним інструментом для впливу на маршрутизацію вхідного трафіку.

Найпоширенішою технікою є AS_PATH Prepending (штучне подовження шляху). Суть її полягає в тому, що при анонсуванні своїх мереж зовнішньому сусіду, маршрутизатор може додати номер власної AS до початку списку кілька разів. Для решти Інтернету такий шлях виглядатиме довшим і, відповідно, менш привабливим. Таким чином, організація може "переконати" зовнішні мережі надсилати трафік через інший, коротший шлях, що дозволяє керувати розподілом вхідного навантаження.

MULTI-EXIT DISCRIMINATOR (MED) є опціональним нетранзитивним атрибутом, що діє як "підказка" для сусідньої автономної системи. Він використовується у випадках, коли між двома AS існує кілька точок з'єднання, і дозволяє одній системі повідомити іншу, який із входів є пріоритетнішим. На відміну від більшості інших атрибутів, перевага надається шляху з найменшим значенням MED.

Стратегічно MED застосовується для оптимізації вхідного трафіку від конкретного сусіда. Наприклад, якщо компанія підключена до одного провайдера у двох різних містах, вона може встановити менше значення MED на тому з'єднанні, яке має кращі характеристики (меншу затримку, вищу пропускну здатність). Це є рекомендацією для провайдера, яким шляхом краще направляти трафік до мережі компанії. Важливо зазначити, що сусідня AS не зобов'язана дотримуватися цієї рекомендації і може ігнорувати MED згідно з власними політиками.

1.4.3. Алгоритм вибору найкращого шляху BGP

Коли BGP-маршрутизатор отримує кілька шляхів до одного й того ж мережевого префіксу від різних сусідів, він повинен обрати лише один з них як "найкращий". Цей найкращий шлях встановлюється в головну таблицю маршрутизації (RIB) і, як правило, анонсується іншим BGP-сусідам. Процес цього вибору слідує

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

чіткому, послідовному та детермінованому алгоритму, відомому як BGP Best Path Selection Algorithm. Алгоритм являє собою впорядкований список правил, які застосовуються покроково. Як тільки на одному з кроків один зі шляхів визнається кращим за інші, алгоритм зупиняється, і подальші перевірки не виконуються. Важливою передумовою є те, що маршрутизатор розглядає лише ті шляхи, для яких IP-адреса в атрибуті NEXT_HOP є досяжною.

Процес вибору починається з перевірки атрибутів, які найчастіше використовуються для ручного налаштування політик. Першим кроком є перевага шляху з найбільшим значенням атрибута WEIGHT, який є локальним для маршрутизатора і дозволяє адміністратору директивно визначити пріоритет. Якщо вага шляхів однакова, алгоритм переходить до другого кроку і надає перевагу шляху з найвищим значенням LOCAL_PREFERENCE. Цей атрибут є основним інструментом для створення узгодженої політики вибору вихідного каналу для всієї автономної системи. Третім кроком є перевага шляхам, які були згенеровані локально на самому маршрутизаторі, що робить їх пріоритетнішими за отримані від сусідів.

Якщо на попередніх етапах переможця не було визначено, алгоритм починає аналізувати характеристики самого шляху. Четвертим кроком є вибір шляху з найкоротшою довжиною AS_PATH, що є основним критерієм визначення "відстані" в BGP. Далі, на п'ятому кроці, якщо довжина шляхів однакова, перевага надається шляху з найнижчим кодом походження (ORIGIN), де пріоритет виглядає як IGP > EGP > Incomplete. Після цього, на шостому кроці, порівнюється значення атрибута MED, і обирається шлях із найменшим показником. Зазвичай це порівняння відбувається лише між шляхами, отриманими від однієї сусідньої автономної системи.

Наступна група критеріїв стосується типу сесії та внутрішньої топології мережі. Сьомим кроком є надання переваги шляхам, отриманим через eBGP, над шляхами, отриманими через iBGP. Це забезпечує вибір найпрямішого зовнішнього з'єднання. Якщо ж усі шляхи є внутрішніми (отриманими по iBGP), то на восьмому кроці обирається той, до NEXT_HOP якого існує найкоротший шлях згідно з метрикою внутрішнього протоколу маршрутизації (IGP), що дозволяє обрати найближчу точку виходу з мережі.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Якщо навіть після всіх цих перевірок залишається кілька рівноцінних шляхів, в дію вступають фінальні правила для вирішення "нічиєї". Алгоритм надасть перевагу найстарішому (найстабільнішому) шляху, отриманому по eBGP. Якщо і це не допоможе, переможцем буде обрано шлях, отриманий від сусіда з найменшим значенням Router ID, а в крайньому випадку – з найменшою IP-адресою. Розуміння цієї чіткої послідовності є критично важливим для прогнозування та налагодження поведінки BGP у складних мережевих інфраструктурах.

Висновки до першого розділу

У першому розділі було розглянуто теоретичні основи протоколу BGP, який є ключовим механізмом забезпечення зв'язності та керованості глобальної мережі Інтернет. Проаналізовано його фундаментальні характеристики, такі як робота поверх TCP для надійності, принципи Path Vector протоколу та розмежування між зовнішніми (eBGP) та внутрішніми (iBGP) сесіями.

Основну увагу було приділено системі атрибутів, які виступають головними інструментами для реалізації гнучких політик маршрутизації. Розглянуто їх класифікацію та призначення ключових атрибутів, що використовуються для управління трафіком.

На завершення, було детально описано детермінований покроковий алгоритм вибору найкращого шляху, розуміння якого є вирішальним для прогнозування поведінки мережі. Таким чином, цей розділ створює теоретичний фундамент, необхідний для переходу до практичного проектування архітектури корпоративної мережі та її подальшої реалізації в наступних розділах.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АРХІТЕКТУРИ ТА ПОЛІТИК МАРШРУТИЗАЦІЇ МЕРЕЖІ

2.1. Формулювання вимог до мережі

На початковому етапі проєктування визначаються ключові вимоги, що є фундаментом для створення великої, приватної корпоративної мережі, яка об'єднує кілька незалежних, але взаємопов'язаних, сегментів. Метою є побудова власної, стійкої та керованої глобальної мережі (WAN). Така архітектура, де різні підрозділи компанії представлені як окремі автономні системи (AS), є типовою для великих організацій, що прагнуть ізолювати адміністративні домени, забезпечити високий рівень безпеки між департаментами або інтегрувати мережі різних філій в єдину інфраструктуру.

Ключовою бізнес-вимогою для такого проєкту є забезпечення високої доступності та безперебійності взаємодії між усіма автономними системами. Збій на одному з каналів зв'язку або відмова одного маршрутизатора на стику мереж не повинні призводити до ізоляції цілого сегмента. Для досягнення цієї мети висувається технічна вимога впровадження повної відмовостійкості на рівні міжсистемних з'єднань. Топологія, яка буде спроектована в наступному розділі (Coming soon), передбачає наявність резервних фізичних шляхів між ключовими зонами. Управління цими шляхами та забезпечення динамічного, автоматичного відновлення з'єднання в разі збою буде покладено на протокол BGP, що виключає необхідність ручного втручання адміністратора.

Окрім надійності, мережа повинна забезпечувати належну продуктивність для внутрішніх корпоративних сервісів, доступ до яких здійснюється з клієнтських зон. Це вимагає наявності інструментів для гнучкого управління трафіком (Traffic Engineering). Наприклад, для трафіку, чутливого до затримок (як-от внутрішня IP-телефонія), за допомогою політик BGP можна налаштувати використання найкоротшого, прямого шляху. Водночас для менш пріоритетного трафіку, як-от реплікація даних чи резервне копіювання, можна визначити альтернативний, довший шлях через ядро, щоб не перевантажувати основні канали.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Також, архітектура має бути розрахована на довгострокову перспективу, що вимагає масштабованості та безпеки. Побудова мережі за модульним та ієрархічним принципом, де кожна зона є окремою AS, дозволяє стримувати розповсюдження інформації внутрішніх протоколів маршрутизації (IGP). Це означає, що проблеми в одній зоні не впливають на стабільність інших, а додавання нових великих сегментів не призводить до експоненційного зростання навантаження на маршрутизатори. Для забезпечення безпеки, окрім сегментації трафіку всередині AS за допомогою VLAN, самі межі автономних систем виступають точками для застосування політик фільтрації маршрутів, що дозволяє чітко контролювати взаємодію між різними частинами компанії.

2.2. Проектування фізичної та логічної топології мережі

На основі сформульованих вимог в попередньому розділі була розроблена комплексна топологія корпоративної мережі (див. рис. 2.2.1). Архітектура спроектована за модульним принципом, що представляє собою комплексну багаторівневу мережеву інфраструктуру, що складається з чотирьох взаємопов'язаних автономних систем (AS). Архітектура спроектована за модульним принципом, де кожна зона виконує чітко визначену роль, що забезпечує високий рівень керованості, безпеки та масштабованості. Центральним елементом є ядро мережі, яке служить транзитною магістраллю для обміну трафіком між серверним сегментом та двома клієнтськими зонами.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

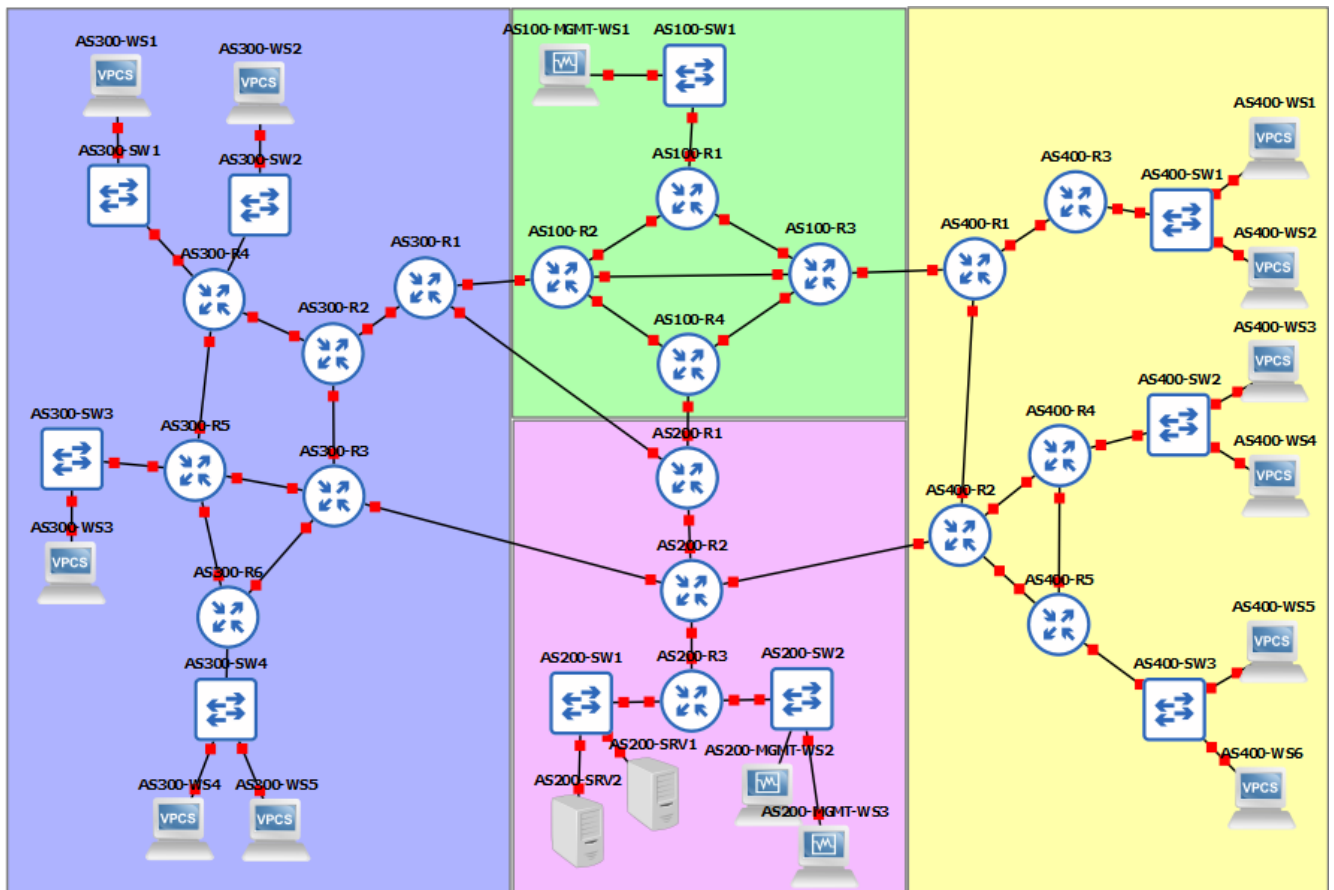


Рисунок 2.2.1 – Топологія мережі

Ядро мережі (AS100, зелена зона)

Ядро мережі (див. рис. 2.2.2) є центральною транзитною магістраллю всієї інфраструктури. Воно складається з чотирьох потужних маршрутизаторів (AS100-R1, R2, R3, R4), з'єднаних між собою у відмовостійку mesh-топологію. Таке рішення гарантує, що вихід з ладу одного з маршрутизаторів ядра не призведе до зупинки обміну трафіком між іншими сегментами мережі.

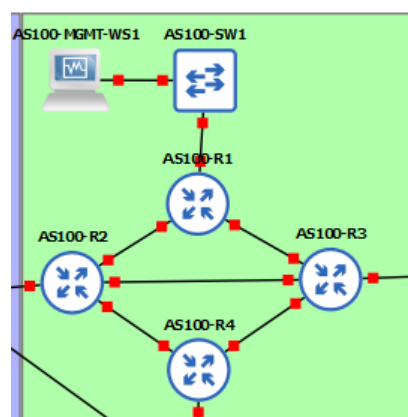


Рисунок 2.2.2 – AS100, Ядро мережі

Основне призначення цього сегмента – високошвидкісна маршрутизація пакетів між іншими автономними системами. До ядра також підключена станція управління (AS100-MGMT-WS1), що дозволяє здійснювати централізований моніторинг та адміністрування магістрального обладнання. Саме через цю зону в реальних умовах міг би бути організований вихід до глобальної мережі Інтернет.

Серверний сегмент (AS200, рожева зона)

Серверний сегмент (див. рис. 2.2.3) є зоною, де розташовані критично важливі корпоративні ресурси. Він підключений до ядра мережі через маршрутизатор AS100-R4, що забезпечує зв'язок з усіма іншими частинами інфраструктури. Внутрішня структура сегмента побудована з урахуванням відмовостійкості: три маршрутизатори (AS200-R1, R2, R3) агрегують трафік, а комутатори (AS200-SW1, SW2) підключають кінцеві пристрої.

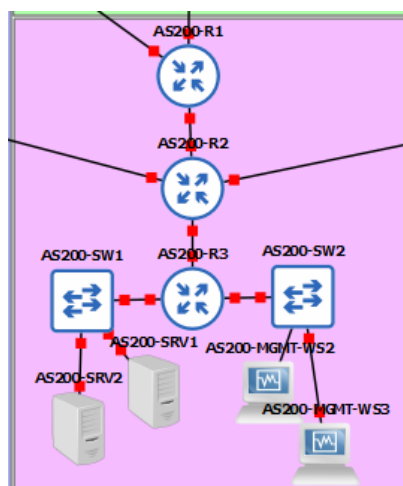


Рисунок 2.2.3 – AS200, Серверний сегмент

У цій зоні розміщено два сервери (AS200-SRV1, SRV2), що дозволяє реалізувати резервування або балансування навантаження для додатків. Також тут знаходяться робочі станції управління (AS200-MGMT-WS2, WS3), призначені для адміністрування серверної інфраструктури.

Клієнтський сегмент 1 (AS300, блакитна зона)

Цей сегмент (див. рис. 2.2.4) представляє собою велику філію або кампус організації з великою кількістю кінцевих користувачів. Він має ієрархічну трирівневу структуру: маршрутизатори доступу (AS300-R4, R5, R6) агрегуються на маршру-

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

тизаторах розподілу (AS300-R2, R3), які, у свою чергу, з'єднуються з маршрутизатором виходу (AS300-R1), підключеним до ядра мережі. Така ієрархія спрощує управління та локалізує трафік.

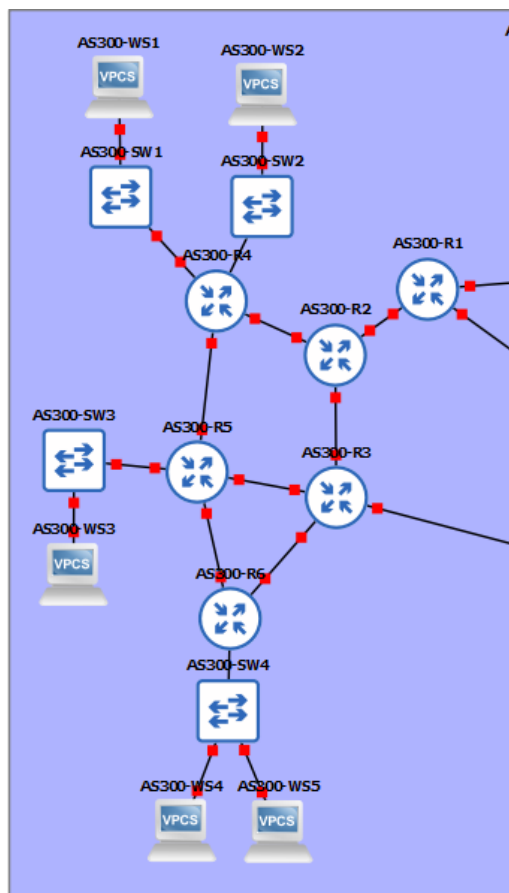


Рисунок 2.2.4 – AS300, Клієнтська частина

Численні комутатори (AS300-SW1-SW5) забезпечують підключення робочих станцій (VPCS). Наявність кількох маршрутизаторів та зв'язків між ними створює внутрішні резервні шляхи, підвищуючи надійність мережі для кінцевих користувачів.

Клієнтський сегмент 2 (AS400, жовта зона)

Другий клієнтський сегмент (див. рис. 2.2.5) є ще одним прикладом мережі філії, але з дещо іншою топологією. Він має два виходи до магістралі: один до ядра (через AS400-R1), а інший – безпосередньо до серверного сегмента (через AS400-R2). Таке подвійне підключення забезпечує високий рівень відмовостійкості та дозволяє реалізовувати гнучкі політики доступу до ресурсів.

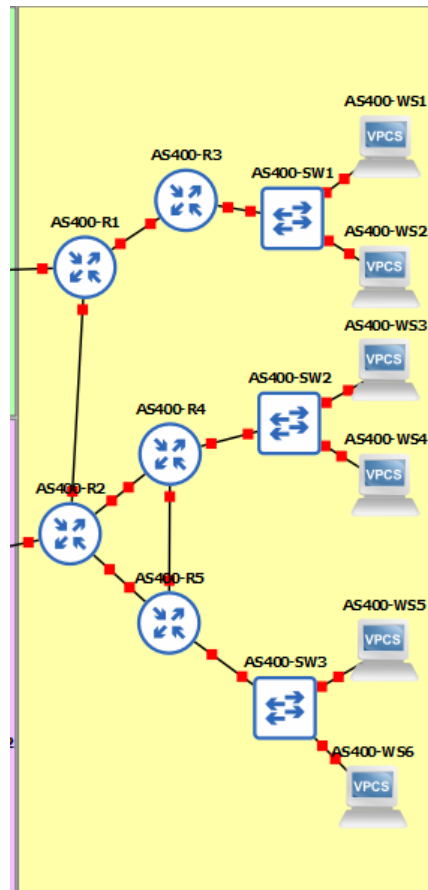


Рисунок 2.2.5 – AS400, Клієнтська частина

Внутрішня структура також ієрархічна. Маршрутизатори AS400-R3, R4, R5 створюють проміжний рівень для агрегації трафіку від комутаторів доступу (AS400-SW1, SW2, SW3), до яких підключені кінцеві робочі станції. Ця зона демонструє сценарій, коли філія може мати прямий доступ як до центрального ядра, так і до серверних ресурсів, минаючи транзитні вузли.

2.3. Розробка схеми IPv4/IPv6-адресації

Для внутрішньої адресації було обрано діапазони приватних адрес, що не маршрутизуються в глобальному Інтернеті. Для IPv4 використано адресний простір 10.0.0.0/8, визначений у RFC 1918. Для IPv6 було обрано блок унікальних локальних адрес (ULA) fd00::/8 згідно з RFC 4193. Використання цих діапазонів є стандартною практикою для корпоративних мереж, оскільки це запобігає конфліктам з публічними адресами та підвищує рівень безпеки.

В основі розподілу адрес лежить принцип ієрархії та ефективного використання простору за допомогою масок змінної довжини (VLSM). Для з'єднань "точка-точка" між маршрутизаторами виділено найменші можливі підмережі: /30 для IPv4

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

та /127 для IPv6. Це дозволяє мінімізувати втрату адрес. Для локальних мереж (VLAN), де підключаються кінцеві пристрої, виділено значно більші підмережі – /24 для IPv4 та /64 для IPv6. Такий розмір підмереж для LAN забезпечує достатню кількість адрес для існуючих та майбутніх пристроїв і є обов'язковою умовою для коректної роботи механізму автоматичного налаштування адрес в IPv6 (SLAAC).

Окрему увагу приділено адресації віртуальних інтерфейсів Loopback, які використовуються для стабільної ідентифікації маршрутизаторів та налаштування iBGP-сесій. Для них виділено окремий діапазон, а кожному маршрутизатору призначається унікальна адреса з маскою /32 (IPv4) та /128 (IPv6). Такий системний підхід до адресації не лише забезпечує унікальність кожного вузла, але й значно спрощує подальше налаштування, управління політиками доступу (ACL) та діагностику несправностей у мережі.

Таблиця 2.3.1.

Схема IPv4/IPv6-адресації

Пристрій	Зв'язок	Інтерфейс	IPv4	Префікс	IPv6	Префікс
AS100						
AS100-R1	Loopback 0	Loopback 0	10.0.1.1	/32	fd00:1::1	/128
	AS100-R2	Fa0/0	10.10.10.1	/30	fd00:10:10::1	/127
	AS100-R3	Fa0/1	10.10.11.1	/30	fd00:10:11::1	/127
	AS100-SW1	Fa1/0	10.10.12.1	/30	fd00:10:12::1	/127
AS100-R2	Loopback 0	Loopback 0	10.0.1.2	/32	fd00:1::2	/128
	AS100-R1	Fa0/0	10.10.10.2	/30	fd00:100:10::2	/127
	AS100-R3	Fa1/1	10.10.21.1	/30	fd00:100:21::1	/127
	AS100-R4	Fa0/1	10.10.22.1	/30	fd00:100:22::1	/127
	AS300-R1	Fa1/0	10.10.23.1	/30	fd00:100:23::1	/127
AS100-R3	Loopback 0	Loopback 0	10.0.1.3	/32	fd00:1::3	/128
	AS100-R1	Fa0/0	10.10.11.2	/30	fd00:100:11::2	/127
	AS100-R2	Fa1/1	10.10.21.2	/30	fd00:100:21::2	/127
	AS100-R4	Fa0/1	10.10.32.1	/30	fd00:100:32::1	/127
	AS400-R1	Fa1/0	10.10.33.1	/30	fd00:100:33::1	/127
AS100-R4	Loopback 0	Loopback 0	10.0.1.4	/32	fd00:1::4	/128
	AS100-R2	Fa0/0	10.10.22.2	/30	fd00:100:22::2	/127
	AS100-R3	Fa0/1	10.10.32.2	/30	fd00:100:32::2	/127
	AS200-R1	Fa1/0	10.10.42.1	/30	fd00:100:42::1	/127

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

AS200						
AS200-R1	Loopback 0	Loopback 0	10.0.2.1	/32	fd00:2::1	/128
	AS100-R4	Fa0/1	10.10.42.2	/30	fd00:100:42::2	/127
	AS200-R2	Fa1/0	10.20.1.1	/30	fd00:20:1::1	/127
	AS300-R1	Fa0/0	10.23.1.1	/30	fd00:23:1::1	/127
AS200-R2	Loopback 0	Loopback 0	10.0.2.2	/32	fd00:2::2	/128
	AS200-R1	Fa0/1	10.20.1.2	/30	fd00:200:1::2	/127
	AS200-R3	Fa1/0	10.20.2.1	/30	fd00:200:2::1	/127
	AS300-R3	Fa0/0	10.23.2.1	/30	fd00:23:2::1	/127
	AS400-R2	Fa1/1	10.24.1.1	/30	fd00:24:1::1	/127
AS200-R3	Loopback 0	Loopback 0	10.0.2.3	/32	fd00:2::3	/128
	AS200-R2	Fa0/0	10.20.2.2	/30	fd00:200:2::2	/127
	AS200-SW1	Fa0/1	10.20.50.1	/24	fd00:20:50::1	/64
	AS200-SW2	Fa1/0	10.20.99.1	/24	fd00:20:99::1	/64
AS300						
AS300-R1	Loopback 0	Loopback 0	10.0.3.1	/32	fd00:3::1	/128
	AS100-R2	Fa0/0	10.10.23.2	/30	fd00:100:23::2	/127
	AS200-R1	Fa1/0	10.23.1.2	/30	fd00:23:1::2	/127
	AS300-R2	Fa0/1	10.30.1.1	/30	fd00:300:1::1	/127
AS300-R2	Loopback 0	Loopback 0	10.0.3.2	/32	fd00:3::2	/128
	AS300-R1	Fa0/0	10.30.1.2	/30	fd00:300:1::2	/127
	AS300-R3	Fa1/0	10.30.2.1	/30	fd00:300:2::1	/127
	AS300-R4	Fa0/1	10.30.3.1	/30	fd00:300:3::1	/127
AS300-R3	Loopback 0	Loopback 0	10.0.3.3	/32	fd00:3::3	/128
	AS200-R2	Fa0/1	10.23.2.2	/30	fd00:23:2::2	/127
	AS300-R2	Fa0/0	10.30.2.2	/30	fd00:300:2::2	/127
	AS300-R5	Fa1/0	10.30.4.1	/30	fd00:300:4::1	/127
	AS300-R6	Fa1/1	10.30.5.1	/30	fd00:300:5::1	/127
AS300-R4	Loopback 0	Loopback 0	10.0.3.4	/32	fd00:3::4	/128
	AS300-R2	Fa0/0	10.30.3.2	/30	fd00:300:3::2	/127
	AS300-R3	Fa0/1	10.30.6.1	/30	fd00:30:6::1	/127
	AS300-SW1	Fa1/1	10.30.10.1	/24	fd00:30:10::1	/64
	AS300-SW2	Fa1/0	10.30.11.1	/24	fd00:30:11::1	/64

AS300-R5	Loopback 0	Loopback 0	10.0.3.5	/32	fd00:3::5	/128
	AS300-R3	Fa0/0	10.30.4.2	/30	fd00:300:4::2	/127
	AS300-R4	Fa1/0	10.30.7.1	/30	fd00:30:7::1	/127
	AS300-R6	Fa0/1	10.30.8.1	/30	fd00:30:8::1	/127
	AS300-SW3	Fa1/1	10.30.12.1	/24	fd00:30:12::1	/64
AS300-R6	Loopback 0	Loopback 0	10.30.0.6	/32	fd00:30::6	/128
	AS300-R3	Fa0/0	10.30.5.2	/30	fd00:300:5::2	/127
	AS300-R5	Fa0/1	10.30.8.2	/30	fd00:30:8::2	/127
	AS300-SW4	Fa1/0	10.30.13.1	/24	fd00:30:13::1	/64
AS400						
AS400-R1	Loopback 0	Loopback 0	10.40.0.1	/32	fd00:40::1	/128
	AS100-R3	Fa0/0	10.10.33.2	/30	fd00:fe:14::1	/127
	AS400-R2	Fa1/0	10.40.1.1	/30	fd00:40:1::	/127
	AS400-R3	Fa0/1	10.40.2.1	/30	fd00:40:2::	/127
AS400-R2	Loopback 0	Loopback 0	10.40.0.2	/32	fd00:40::2	/128
	AS200-R2	Fa0/0	10.24.1.2	/30	fd00:fe:24::1	/127
	AS400-R1	Fa1/1	10.40.1.2	/30	fd00:40:1::1	/127
	AS400-R4	Fa0/1	10.40.3.1	/30	fd00:40:3::	/127
	AS400-R5	Fa1/0	10.40.4.1	/30	fd00:40:4::	/127
AS400-R3	Loopback 0	Loopback 0	10.40.0.3	/32	fd00:40::3	/128
	AS400-R1	Fa0/0	10.40.2.2	/30	fd00:40:2::1	/127
	AS400-SW1	Fa0/1	10.40.10.1	/24	fd00:40:10::1	/64
AS400-R4	Loopback 0	Loopback 0	10.40.0.4	/32	fd00:40::4	/128
	AS400-R2	Fa0/0	10.40.3.2	/30	fd00:40:3::1	/127
	AS400-R5	Fa0/1	10.40.5.1	/30	fd00:40:5::	/127
	AS400-SW2	Fa1/0	10.40.11.1	/24	fd00:40:11::1	/64
AS400-R5	Loopback 0	Loopback 0	10.40.0.5	/32	fd00:40::5	/128
	AS400-R2	Fa0/0	10.40.4.2	/30	fd00:40:4::1	/127
	AS400-R4	Fa0/1	10.40.5.2	/30	fd00:40:5::1	/127
	AS400-SW3	Fa1/0	10.40.12.1	/24	fd00:40:12::1	/64

Підсумовуючи, розроблена схема IP-адресації створює логічний фундамент, на якому буде формуватися маршрутизація на кожному пристрої в мережі. Таблиця адресації кожного маршрутизатора являє собою комплексну сукупність шляхів,

отриманих з кількох джерел. Вона буде містити маршрути до безпосередньо підключених мереж, внутрішні маршрути до всіх локальних підмереж та Loopback-інтерфейсів у межах власної автономної системи (вивчені через протокол IGP, наприклад OSPF), а також зовнішні маршрути до інших автономних систем, які були отримані за допомогою протоколу BGP.

В результаті такого підходу було сформовано чітку ієрархічну систему маршрутизації з розподілом ролей. Протокол IGP буде відповідати за забезпечення повної зв'язності всередині кожної автономної системи, гарантуючи, що всі пристрої знають, як дістатися один до одного. Водночас протокол BGP буде оперувати на вищому рівні, керуючи потоками трафіку між автономними системами згідно з розробленими політиками. Це забезпечить прогнозовану поведінку мережі, де кожен пристрій матиме оптимальний шлях до будь-якого ресурсу.

2.4. Розробка політик маршрутизації

Розробка політик маршрутизації визначає логіку руху трафіку в мережі. Для спроектованої топології буде застосовано багаторівневий підхід, що включає використання протоколу внутрішньої маршрутизації (IGP) для зв'язності всередині кожної автономної системи та протоколу BGP для управління потоками даних між ними.

Політика внутрішньої маршрутизації (IGP)

Основне завдання IGP – забезпечити повну та швидку зв'язність у межах кожної окремої автономної системи. Це є фундаментом, необхідним для коректної роботи BGP, оскільки IGP відповідає за досяжність BGP-сусідів та їхніх Loopback-інтерфейсів, між якими встановлюються iBGP-сесії. Як протокол внутрішньої маршрутизації для всіх автономних систем (AS100, AS200, AS300, AS400) обрано OSPF (Open Shortest Path First). Цей вибір обґрунтований його відкритим стандартом, високою швидкістю збіжності та чудовою масштабованістю. У кожній AS буде налаштовано окремий процес OSPF, що забезпечить незалежність їхніх таблиць маршрутизації.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Політика зовнішньої маршрутизації (BGP)

Протокол BGP буде керувати усім трафіком, що перетинає межі автономних систем. Для цього буде реалізовано декілька ключових політик. По-перше, для уникнення необхідності повнозв'язної топології (full-mesh) всередині ядра, маршрутизатори AS100-R2 та AS100-R3 будуть налаштовані як Route Reflectors для iBGP-сесій. По-друге, буде реалізовано політику управління трафіком між клієнтськими та серверною зонами. За замовчуванням, трафік від клієнтських AS до серверної AS200 буде йти напругу. Для цього на маршрутизаторах клієнтських зон за допомогою атрибута LOCAL_PREFERENCE буде встановлено вищий пріоритет для прямих маршрутів до AS200 порівняно з маршрутами, отриманими через ядро (AS100).

Для впливу на вхідний трафік буде застосовано техніку AS_PATH Prepending. Серверна зона AS200 при анонсуванні своїх мереж до ядра AS100 буде штучно подовжувати шлях, роблячи його менш привабливим. Це спонукатиме клієнтські зони використовувати свої прямі, коротші шляхи до серверів. Також на прикордонних маршрутизаторах ядра (AS100-Border-R1/R2) буде налаштовано отримання маршруту за замовчуванням від ISP та його подальше розповсюдження всередину корпоративної мережі, з вибором пріоритетного провайдера через LOCAL_PREFERENCE.

Політика резервування шлюзу (FHRP)

Для забезпечення безперебійного доступу для кінцевих пристроїв у сегментах, де існує кілька можливих шлюзів, буде застосовано протокол резервування першого переходу HSRP (Hot Standby Router Protocol). Наприклад, у серверній зоні AS200 маршрутизатори AS200-R1 та AS200-R2 сформують HSRP-групу для VLAN серверів та VLAN управління. Це створить єдину віртуальну IP-адресу шлюзу, яка буде залишатися доступною навіть у разі відмови одного з фізичних маршрутизаторів, забезпечуючи таким чином безшовне перемикання трафіку.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Висновки до другого розділу

У другому розділі було виконано комплексне проектування архітектури корпоративної мережі, що перетворило початкові вимоги на детальний технічний план. На основі наданої схеми було розроблено модульну, багатосистемну топологію, що складається з ядра, серверного та клієнтських сегментів. Для цієї структури було створено ієрархічну схему адресації для протоколів IPv4 та IPv6, яка забезпечує ефективне використання адресного простору та масштабованість. Ключовим етапом стала розробка політик маршрутизації, що чітко розмежовують ролі OSPF для внутрішньої зв'язності та BGP для управління міжсистемним трафіком, включаючи механізми відмовостійкості та інженерії трафіку. В результаті, цей розділ містить повний, логічно обґрунтований проєкт, що слугує фундаментом для практичної реалізації в наступній частині роботи.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

РОЗДІЛ 3. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ, НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛУ МЕРЕЖІ

3.1. Вибір обладнання для побудови мережі

Вибір маршрутизатора

Вибір мережевого обладнання для даного проєкту був продиктований необхідністю повної підтримки розширених функцій протоколу BGP та побудови комплексної, багаторівневої інфраструктури. В якості основної платформи для маршрутизації було обрано пристрої серії Cisco ISR G2 (модель 2911). Це рішення було зумовлене тим, що їхнє програмне забезпечення, а саме Cisco IOS версії 15 з ліцензією, що підтримує Advanced IP Services, надає весь необхідний інструментарій для реалізації центральних завдань проєкту.



Рис. 3.1.1 – Маршрутизатор CISCO 2911

Апаратна архітектура Cisco 2911, що базується на багатоядерному процесорі, забезпечує достатню потужність для одночасної роботи кількох процесів OSPF та великої кількості BGP-сесій, що є характерним для нашої мультисистемної топології. Ключовою перевагою є модульність платформи. Наявність слотів розширення EHWIC дозволяє гнучко змінювати конфігурацію портів, що є важливим для таких вузлів, як маршрутизатори в AS300 та AS400, де необхідно підключати як інші маршрутизатори, так і комутатори доступу.

Вирішальним фактором вибору стала підтримка сучасної операційної системи Cisco IOS 15 з універсальним образом (universalk9), функціонал якого розкривається за допомогою ліцензії Advanced IP Services (або пакета DATA). Саме ця

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

ліцензія надає доступ до всього спектру інструментів BGP, що є центральним елементом даної роботи. Без неї реалізація таких механізмів, як Route Reflector в ядрі AS100 та Confederation в AS300, була б технічно неможливою.

Таким чином, обрана платформа гарантує повну підтримку не лише класичного BGP, але і його розширення MP-BGP, що дозволило реалізувати повноцінну маршрутизацію для подвійного стеку IPv4/IPv6. Це, у поєднанні з можливістю застосування складних політик маршрутизації через `route-map`, робить Cisco 2911 ідеальним інструментом для вирішення всіх практичних завдань, поставлених у проєкті.

Вибір комутатора

Для комутації на рівні доступу були використані комутатори серії Cisco Catalyst 2960-X, які є одними з найпоширеніших та найнадійніших пристроїв корпоративного класу, призначених для розгортання на рівні доступу (access layer) мережевої інфраструктури. Їхнє основне завдання — забезпечити безпечне, стабільне та кероване підключення кінцевих пристроїв, таких як комп'ютери, IP-телефони, бездротові точки доступу та камери відеоспостереження, до локальної мережі. Ці комутатори є стековими, гігабітними пристроями з фіксованою конфігурацією, що робить їх ідеальним рішенням для офісних будівель, філій та кампусних мереж.



Рисунок 3.1.2 – Комутатор CISCO 2960-X

В основі функціоналу лежить повна підтримка технологій 2-го рівня (Layer 2). Комутатори серії 2960-X дозволяють створювати складні логічні топології за допомогою VLAN, об'єднувати комутатори та маршрутизатори через магістральні

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

канали 802.1Q (транки), а також забезпечувати відмовостійкість за допомогою сучасних версій протоколу Spanning Tree (RSTP, MSTP). Хоча це переважно L2-пристрої, залежно від версії програмного забезпечення (ліцензії LAN Base або IP Lite), вони можуть виконувати базові функції 3-го рівня, такі як статична маршрутизація та підтримка протоколу RIP, що дозволяє використовувати їх у невеликих, ізольованих мережевих сегментах без необхідності встановлення окремого маршрутизатора.

Однією з ключових переваг серії 2960-X є технологія стекування FlexStack-Plus. Вона дозволяє об'єднати до восьми фізичних комутаторів в єдиний логічний пристрій за допомогою спеціальних модулів. Такий стек керується як єдине ціле, має одну IP-адресу для управління та спільну конфігурацію, що значно спрощує адміністрування та підвищує відмовостійкість. Крім того, більшість моделей цієї серії підтримують технологію Power over Ethernet (PoE/PoE+), що дозволяє подавати живлення на підключені пристрої безпосередньо через мережевий кабель, що є критично важливим для розгортання IP-телефонії та бездротових мереж.

3.2. Налаштування пристроїв побудованої мережі

Основні налаштування, які були зроблені в даному проєкті:

BGP (Border Gateway Protocol):

- Визначено та налаштовано чотири автономні системи (AS) для імітації складної корпоративної мережі.
- Встановлено зовнішні (eBGP) сесії між усіма сусідніми автономними системами для обміну маршрутною інформацією.
- Налаштовано внутрішні (iBGP) сесії в кожній AS з використанням відповідних механізмів масштабування: Full Mesh в AS200, Route Reflector в AS100 та AS400, а також Confederation в AS300.

OSPF (Open Shortest Path First):

- Налаштовано як протокол внутрішньої маршрутизації (IGP) у кожній автономній системі для забезпечення повної IP-зв'язності.
- Використано для розповсюдження маршрутів до Loopback-інтерфейсів, що є необхідною умовою для стабільної роботи iBGP-сесій.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- Реалізовано MD5-автентифікацію для підвищення безпеки та захисту від несанкціонованого підключення.

Безпека та відмовостійкість:

- Налаштовано базовий рівень безпеки на всіх пристроях, включаючи паролі, локальних користувачів та доступ по SSH.
- Обмежено доступ до управління пристроями за допомогою ACL, що застосовані до VTY-ліній.
- Налаштовано MD5-автентифікацію для BGP-сесій.

VLAN та IP-адресація:

- Розроблено та застосовано повну, узгоджену схему IPv4 та IPv6 адресації для всіх інтерфейсів, включаючи Loopback.
- Створено VLAN для логічної сегментації мережі на комутаторах доступу.
- Налаштовано транкові порти та саб-інтерфейси для маршрутизації трафіку між VLAN.

Почнемо з самого початку з базової конфігурації для кожного пристрою в мережі. Цей етап є фундаментом для всієї подальшої роботи. Він включає встановлення унікальних імен для пристроїв, налаштування безпечного доступу для управління (паролі та SSH) та призначення IP-адрес на всі активні інтерфейси (включаючи Loopback) згідно з раніше розробленим планом.

В першу чергу налаштовано початковий захист пристрою: встановлено зашифрований пароль для переходу в привілейований режим, створено локального користувача admin з максимальним рівнем привілеїв (15) для автентифікації. Далі згенеровано криптографічні ключі RSA з модулем 1024 біт(див. рис. 3.1.3), що є необхідною умовою для активації протоколу захищеного доступу SSH. Ці дії формують основу для подальшого безпечного адміністрування пристрою, унеможлижуючи неавторизований доступ та забезпечуючи шифрування сесій управління.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

```

AS100-R1(config)#no ip domain-lookup
AS100-R1(config)#enable secret cisco
AS100-R1(config)#username admin privilege 15 secret cisco
AS100-R1(config)#ip domain-name Shepelyn.local
AS100-R1(config)#crypto key generate rsa modulus 1024
The name for the keys will be: AS100-R1.Shepelyn.local

% The key modulus size is 1024 bits
% Generating 1024 bit RSA keys, keys will be non-exportable...[OK]

AS100-R1(config)#
*Mar  1 00:22:34.995: %SSH-5-ENABLED: SSH 1.99 has been enabled

```

Рисунок 3.2.1 – Налаштування базової конфігурації

В наступних налаштуваннях було створено стандартний список доступу (ACL) під назвою MGMT-ACL, який дозволить трафік лише з діапазону IP-адрес 10.10.99.0 0.0.0.255 і заборонить усі інші (any). Далі було налаштовано лінії доступу, де встановлено пароль для консольного входу, активовано локальну автентифікацію за допомогою команди login local, а також застосовано список доступу MGMT-ACL для обмеження доступу. Крім того, транспортний вхід буде налаштовано виключно для SSH.

```

AS100-R1(config)#ip access-list standard MGMT-ACL
AS100-R1(config-std-nacl)#permit 10.10.99.0 0.0.0.255
AS100-R1(config-std-nacl)#permit 10.20.99.0 0.0.0.255
AS100-R1(config-std-nacl)#deny any log
AS100-R1(config-std-nacl)#line con 0
AS100-R1(config-line)#password cisco
AS100-R1(config-line)#login
AS100-R1(config-line)#line vty 0 4
AS100-R1(config-line)#access-class MGMT-ACL in
AS100-R1(config-line)#transport input ssh
AS100-R1(config-line)#login local

```

Рисунок 3.2.2 – Налаштування списків та лінії доступу

Після базових налаштувань та налаштувань безпеки можна перейти до налаштування інтерфейсів. А саме Loopback0 та фізичних інтерфейсів до сусідніх пристроїв. Призначаються IPv4 та IPv6 з таблиці маршрутизації, яка була розроблена в попередніх розділах. Також одразу можна увімкнути автентифікацію OSPF за допомогою ключа MD5, присвоївши унікальний пароль, за допомогою якого пристрої з даної підмережі зможуть з'єднатися між собою

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

```

AS100-R1(config-line)#interface Loopback0
AS100-R1(config-if)#
*Mar 1 00:23:16.891: %LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Loopback0,
changed state to up
AS100-R1(config-if)#description Router-ID / Route-Reflector
AS100-R1(config-if)#no description Router-ID / Route-Reflector
AS100-R1(config-if)#description Router-ID
AS100-R1(config-if)#ip address 10.0.1.1 255.255.255.255
AS100-R1(config-if)#ipv6 address fd00:1::1/128
AS100-R1(config-if)#interface FastEthernet0/0
AS100-R1(config-if)#description Link to AS100-R2
AS100-R1(config-if)#ip address 10.10.10.1 255.255.255.252
AS100-R1(config-if)#ipv6 address fd00:100:10::1/127
AS100-R1(config-if)#ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass100
AS100-R1(config-if)#no shutdown

```

Рисунок 3.2.3 – Налаштування інтерфейсів

Далі налаштуємо сам протокол маршрутизації OSPF на маршрутизаторі AS100-R1. Щоб дозволити маршрутизатору автоматично виявляти інші маршрутизатори у власній автономній системі (AS100) і обмінюватися з ними інформацією про маршрутизацію. Спочатку відбувається ініціювання конфігурації та створення нового процесу OSPF з ідентифікатором 100(для AS100). Після чого вмикається автентифікація MD5, пароль для якої ми налаштовували на потрібних інтерфейсах цього маршрутизатора. Цей захід безпеки гарантує, що OSPF-оновлення будуть отримуватись лише від сусідніх пристроїв в даній автономній системі

```

AS100-R1
AS100-R1(config-if)#router ospf 100
AS100-R1(config-router)#router-id 10.0.1.1
AS100-R1(config-router)#area 0 authentication message-digest
AS100-R1(config-router)#network 10.0.1.1 0.0.0.0 area 0
AS100-R1(config-router)#network 10.10.10.1 0.0.0.0 area 0
AS100-R1(config-router)#network 10.10.11.1 0.0.0.0 area 0
AS100-R1(config-router)#network 10.10.12.1 0.0.0.0 area 0

```

Рисунок 3.2.4 – Налаштування OSPF

Далі по плану налаштування протоколу BGP, за допомогою команди router bgp 100 входимо в режим конфігурації BGP в даній автономній системі та встановлюється адреса інтерфейсу Loopback в якості стабільного ідентифікатора маршрутизатора. Після цього налаштовується BGP-сесія з двома сусідами(AS100-R2 та AS100-R3), для яких теж встановлюється необхідність використання Loopback-інтерфейсу, як джерела. Також, для безпечного з'єднання сесія захищається паролем.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

```

AS100-R1(config-router)#router bgp 100
AS100-R1(config-router)#bgp router-id 10.0.1.1
AS100-R1(config-router)#neighbor 10.0.1.2 remote-as 100
AS100-R1(config-router)#neighbor 10.0.1.2 update-source Loopback0
AS100-R1(config-router)#neighbor 10.0.1.2 password MyBgpPass
AS100-R1(config-router)#neighbor 10.0.1.3 remote-as 100
AS100-R1(config-router)#neighbor 10.0.1.3 update-source Loopback0
AS100-R1(config-router)#neighbor 10.0.1.3 password MyBgpPass

```

Рисунок 3.2.5 – Налаштування BGP

Далі іде фільний етап налаштування протоколу BGP, а саме сусідів для різних адресних родин для IPv4 та IPv6. При вході в режим конфігурації IPv6 було виявлено, що не була ввімкнена глобальна конфігурація для цієї версії протоколу IP. Після виправлення цієї помилки командою *ipv6 unicast-routing* помилка зникла та все чудово налаштувалось.

```

AS100-R1(config-router)#address-family ipv4
AS100-R1(config-router-af)#neighbor 10.0.1.2 activate
AS100-R1(config-router-af)#neighbor 10.0.1.3 activate
AS100-R1(config-router-af)#exit-address-family
AS100-R1(config-router)#address-family ipv6
% IPv6 routing not enabled
AS100-R1(config-router)#ipv6 unicast-routing
AS100-R1(config)#router bgp 100
AS100-R1(config-router)#address-family ipv6
AS100-R1(config-router-af)#neighbor 10.0.1.2 activate
AS100-R1(config-router-af)#neighbor 10.0.1.3 activate

```

Рисунок 3.2.6 – Налаштування сусідів

Не забуваємо також зберігати зроблену конфігурацію в файл *startup-config*.

```

AS100-R1#copy run start
Destination filename [startup-config]?
Building configuration...
[OK]
AS100-R1#

```

Рисунок 3.2.7 – Збереження конфігурації

Майже аналогічні налаштування було зроблено на сусідніх маршрутизаторах AS100-R2 та AS100-R3. Після виконання налаштувань на цих двох пристроях було також здійснено проміжкову перевірку працездатності протоколів BGP та OSPF, яка дала позитивний результат.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

```

AS100-R3#show ip ospf neighbor

Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address        Interface
10.0.1.2         1    FULL/DR         00:00:37    10.10.21.1     FastEthernet1/
1
10.0.1.1         1    FULL/DR         00:00:38    10.10.11.1     FastEthernet0/
0
AS100-R3#show ip bgp summary
BGP router identifier 10.0.1.3, local AS number 100
BGP table version is 1, main routing table version 1

Neighbor        V    AS MsgRcvd MsgSent  TblVer  InQ OutQ Up/Down  State/PfxRcd
10.0.1.1        4   100      9      8        1    0    0 00:00:46      0
10.0.1.2        4   100      9      8        1    0    0 00:00:52      0
10.0.1.4        4   100      0      0         0    0    0 never    Active
10.40.1.2       4   400      0      0         0    0    0 never    Idle

```

Рисунок 3.2.8 – Проміжна перевірка

Також, на цих же маршрутизаторах було налаштовано технологію Route Reflector(відбивання маршрутів) для забезпечення відмовостійкості

Майже всі наступні маршрутизатори будуть налаштовуватись за схожим принципом. За виключення маршрутизаторів, які межують з іншими AS. На них будуть налаштовуватись також зовнішні сусіди(eBGP). На скриншоті налаштувань(див. рис. 3.2.9), показано налаштування зовнішніх сусідів з AS300 та AS400 на прикладі пристрою AS200-R2

```

AS200-R2(config)#router bgp 200
AS200-R2(config-router)#bgp router-id 10.0.2.2
AS200-R2(config-router)#neighbor 10.23.2.2 remote-as 300
AS200-R2(config-router)#neighbor 10.23.2.2 password MyBgpPass
AS200-R2(config-router)#neighbor 10.24.1.2 remote-as 400
AS200-R2(config-router)#neighbor 10.24.1.2 password MyBgpPass

```

Рисунок 3.2.9 – Налаштування зовнішніх сусідів

Для більшої автономної системи AS300 також відбувся поділ на конфедерації – під-автономні системи(sub-AS 65301: Включає прикордонні маршрутизатори (AS300-R1, AS300-R2, AS300-R3) та sub-AS 65302: Включає решту внутрішніх маршрутизаторів (AS300-R4, AS300-R5, AS300-R6)). Це одна з двох передових технік (разом з відбивачами маршрутів), що вирішує проблему масштабування протоколу iBGP у великих мережах.

```

AS300-R5(config)#router bgp 65302
AS300-R5(config-router)#bgp confederation identifier 300
AS300-R5(config-router)#bgp confederation peers 65301
AS300-R5(config-router)#bgp router-id 10.0.3.5
AS300-R5(config-router)#neighbor 10.0.3.4 remote-as 65302
AS300-R5(config-router)#neighbor 10.0.3.4 update-source Loopback0
AS300-R5(config-router)#neighbor 10.0.3.4 password MyBgpPass
AS300-R5(config-router)#neighbor 10.0.3.6 remote-as 65302
AS300-R5(config-router)#
*Mar  1 00:48:06.527: %BGP-5-ADJCHANGE: neighbor 10.0.3.4 Up
AS300-R5(config-router)#neighbor 10.0.3.6 update-source Loopback0
AS300-R5(config-router)#neighbor 10.0.3.6 password MyBgpPass
AS300-R5(config-router)#neighbor 10.30.4.1 remote-as 65301
AS300-R5(config-router)#neighbor 10.30.4.1 password MyBgpPass

```

Рисунок 3.2.10 – Налаштування конфедерацій

3.3. Тестування функціоналу мережі

Для початку перевіримо зв'язок між пристроями мережі в межах однієї автономної системи.

```

AS400-R2#ping 10.40.11.1
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.40.11.1, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 48/215/396 ms
AS400-R2#

```

Рисунок 3.3.1 – Успішний пінг

Як можна побачити на рисунку – пінг пройшов, а це значить, що налаштування IP-адресації в останній налаштованій автономній системі AS-400 відбулось успішно.

Після правильного налаштування BGP на обох сусідніх маршрутизаторах зазвичай з'являється повідомлення(див. рис. 3.3.2) про успішне налаштування. А саме встановлення BGP-сесії з сусідом і її перехід в активний стан. На скриншоті видно, що сусідство між прикордонними маршрутизаторами AS100-R2 і AS300-R1 встановлено

```

AS300-R1#
*Mar  1 00:05:28.055: %BGP-5-ADJCHANGE: neighbor 10.10.23.1 Up
AS300-R1#

```

Рисунок 3.3.2 – Встановлення BGP-сесії

Після успішного встановлення сусідства між пристроями доцільно буде перевірити зв'язок між прикордонними маршрутизаторами:

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Зв'язок між AS100-R4 та AS200-R1:

```
AS100-R4#ping 10.10.42.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.10.42.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 76/264/436 ms
AS100-R4#
```

Рисунок 3.3.3 – Успішний пінг

Зв'язок між AS100-R3 та AS400-R1:

```
AS100-R3#ping 10.10.33.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.10.33.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 196/309/444 ms
AS100-R3#
```

Рисунок 3.3.4 – Успішний пінг

Зв'язок між AS200-R2 та AS300-R3:

```
AS200-R2#ping 10.23.2.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.23.2.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 124/317/384 ms
AS200-R2#
```

Рисунок 3.3.5 – Успішний пінг

Зв'язок між AS200-R2 та AS400-R2:

```
AS200-R2#ping 10.24.1.2
Type escape sequence to abort.
Sending 5, 100-byte ICMP Echos to 10.24.1.2, timeout is 2 seconds:
!!!!
Success rate is 100 percent (5/5), round-trip min/avg/max = 88/301/500 ms
AS200-R2#
```

Рисунок 3.3.6 – Успішний пінг

За результатами перевірки доступності видно, що прикордонні маршрутизатори налаштовані правильно

Далі перевіримо правильність налаштування OSPF та BGP на деяких маршрутизаторах в мережі. Для прикладу AS200-R2: на скріншоті(див. рис. 3.3.3) ми бачимо доступність до всіх мереж BGP, які межують з цим маршрутизатором(крім однієї, так як даний пристрій був вимкнений) та всіх доступних сусідів OSPF в автономній системі(AS200-R1 та AS200-R3).

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

```

AS200-R2#show ip ospf neighbor

Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address      Interface
10.0.2.3         1    FULL/DR         00:00:30    10.20.2.2    FastEthernet1/
0
10.0.2.1         1    FULL/BDR        00:00:37    10.20.1.1    FastEthernet0/
1
AS200-R2#show ip bgp summary
BGP router identifier 10.0.2.2, local AS number 200
BGP table version is 6, main routing table version 6
4 network entries using 480 bytes of memory
4 path entries using 208 bytes of memory
3/2 BGP path/bestpath attribute entries using 372 bytes of memory
1 BGP AS-PATH entries using 24 bytes of memory
0 BGP route-map cache entries using 0 bytes of memory
0 BGP filter-list cache entries using 0 bytes of memory
Bitfield cache entries: current 2 (at peak 3) using 64 bytes of memory
BGP using 1148 total bytes of memory
BGP activity 6/0 prefixes, 6/0 paths, scan interval 60 secs

Neighbor      V    AS MsgRcvd MsgSent   TblVer  InQ OutQ Up/Down  State/PfxRcd
10.0.2.1      4    200     25     27       6    0    0 00:22:17      0
10.0.2.3      4    200     27     26       6    0    0 00:21:41      1
10.23.2.2     4    300     14     22       0    0    0 00:08:01 Active
10.24.1.2     4    400     27     28       6    0    0 00:22:34      3
AS200-R2#

```

Рисунок 3.3.7 – Доступність до сусідів OSPF та BGP на AS200-R2

Подібну картину можемо побачити і з маршрутизатора AS100-R2, де всі BGP-сесії та сусіди OSPF в мережі AS100 активні та готові до обміну інформацією

```

AS100-R2#show ip bgp summary
BGP router identifier 10.0.1.2, local AS number 100
BGP table version is 1, main routing table version 1
1 network entries using 120 bytes of memory
1 path entries using 52 bytes of memory
2/0 BGP path/bestpath attribute entries using 248 bytes of memory
1 BGP AS-PATH entries using 24 bytes of memory
0 BGP route-map cache entries using 0 bytes of memory
0 BGP filter-list cache entries using 0 bytes of memory
BGP using 444 total bytes of memory
BGP activity 3/2 prefixes, 3/2 paths, scan interval 60 secs

Neighbor      V    AS MsgRcvd MsgSent   TblVer  InQ OutQ Up/Down  State/PfxRcd
10.0.1.1      4    100     80     79       1    0    0 01:16:52      0
10.0.1.3      4    100     83     79       1    0    0 01:16:50      1
10.0.1.4      4    100     80     79       1    0    0 01:16:48      0
10.10.23.2    4    300     11     15       1    0    0 00:11:01      0
AS100-R2#show ip ospf neighbor

Neighbor ID      Pri   State           Dead Time   Address      Interface
10.0.1.4         1    FULL/DR         00:00:39    10.10.22.2    FastEthernet0/
1
10.0.1.3         1    FULL/DR         00:00:30    10.10.21.2    FastEthernet1/
1
10.0.1.1         1    FULL/BDR        00:00:39    10.10.10.1    FastEthernet0/
0
AS100-R2#

```

Рисунок 3.3.8 – Доступність до сусідів OSPF та BGP на AS100-R2

За результатами виявлено, що всі пристрої правильно пройшли правильну конфігурацію. Тести пройдено успішно, мережа готова для використання на практиці.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Висновок до третього розділу

У третьому розділі було виконано повний цикл практичної реалізації та верифікації спроектованої мережі. Послідовне налаштування пристроїв, починаючи з базової конфігурації та безпеки, продовжуючи конфігурацією протоколів OSPF та BGP з усіма їхніми механізмами (автентифікація, відбивачі маршрутів, конфедерація). Фінальне тестування, що включало перевірку наскрізної зв'язності та коректності роботи політик маршрутизації, підтвердило, що створена мережа повністю відповідає початковим технічним вимогам, є надійною, безпечною та керованою.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

ВИСНОВКИ

У ході виконання даної роботи було успішно досягнуто поставленої мети: спроектовано та реалізовано комплексну модель корпоративної мережі, що складається з кількох автономних систем, з використанням протоколу BGP для управління маршрутизацією. Було детально проаналізовано теоретичні основи протоколу, його атрибути та механізми вибору шляху, що стало фундаментом для прийняття обґрунтованих архітектурних рішень.

На практичному етапі було розроблено детальну топологію та ієрархічну схему IP-адресації для протоколів IPv4 та IPv6. Послідовне налаштування пристроїв у середовищі GNS3, що включало конфігурацію OSPF для внутрішньої зв'язності та BGP для міжсистемної, дозволило продемонструвати передові техніки масштабування, такі як Route Reflector та Confederation. Були реалізовані політики управління трафіком за допомогою атрибутів BGP, а також налаштовані ключові аспекти безпеки та відмовостійкості, включаючи фільтрацію маршрутів та автентифікацію протоколів.

Фінальне тестування підтвердило повну працездатність мережі та коректність реалізованих політик. Проведені тести продемонстрували наскрізну зв'язність між усіма сегментами, а також здатність мережі до автоматичного відновлення шляхом перенаправлення трафіку на резервні маршрути у разі імітації збою. Таким чином, проєкт є повноцінною демонстрацією побудови сучасної, надійної та керованої мережевої інфраструктури на базі протоколу BGP.

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Зубок В. Ю., Мохор В. В. – Кібербезпека топології INTERNET 2022;
2. Комп'ютерні мережі [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://kppk.com.ua/ELLIB/ebook/Gorbenko/IKT/13/13.htm>.
3. OSPF [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://networklessons.com/ospf/basic-ospf-configuration>.
4. BGP explanation [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/BGP>.
5. Практичні приклади BGP [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://www.slideshare.net/slideshow/nxll26-bgp-ii/49309643?from_search=13
6. Basic Router Configuration [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/routers/access/800M/software/800MSCG/routconf.html>.
7. Азаров О. Д., Захарченко С. М., Кадук О. В., Орлова М. М., Тарасенко В. П. – КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ 2022;
8. Network Security [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.netacad.com/ru/courses/cybersecurity/network-security>.
9. Л. М. Олещенко – Організація комп'ютерних мереж 2018;
10. BGP Professional [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://networklessons.com/labs/bgp-professional-lab-1>
11. Doyle J., Carroll J. – Routing TCP/IP, Volume II (2nd Edition) – 2016
12. GNS3 Documentation [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: gns3.com/documentation
13. Cisco Learning Network [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://learningnetwork.cisco.com/s/>
14. Digitaltut.com / 9tut.com [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://gns3vault.com/labs/bgp>
15. RFC 4271: A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4) [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc4271>

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

16. Practical Networking [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:<https://www.practicalnetworking.net>

17. RFC 4456: BGP Route Reflection: An Alternative to Full Mesh iBGP [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc4456>

18. RFC 5065: Autonomous System Confederations for BGP [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc5065>

19. RFC 4760: Multiprotocol Extensions for BGP-4 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc4760>

20. Juniper Networks TechLibrary (BGP Overview) [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:<https://www.juniper.net/documentation/us/en/software/junos/bgp/topics/concept/bgp-overview.html>

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

ДОДАТКИ

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

Лістинги конфігурацій пристроїв мережі

AS100-R1

Last configuration change at 00:40:44 UTC Fri Mar 1 2002 NVRAM config last updated at 00:57:19 UTC Fri Mar 1 2002

version 12.4

service timestamps debug datetime msec

service timestamps log datetime msec

no service password-encryption

hostname AS100-R1

boot-start-marker

boot-end-marker

enable secret 5 \$1\$RU4y\$PNIUA/yrIV/Me364Ntw9.0

no aaa new-model

memory-size iomem 5

no ip icmp rate-limit unreachable

ip cef

no ip domain lookup

ip domain name Shepelyn.local

ip auth-proxy max-nodata-conns 3

ip admission max-nodata-conns 3

ipv6 unicast-routing

multilink bundle-name authenticated

username admin privilege 15 secret 5 \$1\$5QNY\$nmZaIOxi0wbL9RQ7sXls1

archive

log config

hidekeys

vlan internal allocation policy ascending

ip tcp synwait-time 5

interface Loopback0

description Router-ID

ip address 10.0.1.1 255.255.255.255

ipv6 address FD00:1::1/128

interface FastEthernet0/0

description Link to AS100-R2

ip address 10.10.10.1 255.255.255.252

ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass100

duplex auto

speed auto

ipv6 address FD00:100:10::1/127

interface Serial0/0

no ip address

shutdown

clock rate 2000000

interface FastEthernet0/1

description Link to AS100-R3

ip address 10.10.11.1 255.255.255.252

ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass100

duplex auto

speed auto

ipv6 address FD00:100:11::1/127

interface Serial0/1

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

```

no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
description Link to AS100-SW1
no switchport
ip address 10.10.12.1 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass100
ipv6 address FD00:100:12::1/127
interface FastEthernet1/1
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
no ip address
router ospf 100
router-id 10.0.1.1
log-adjacency-changes
area 0 authentication message-digest
network 10.0.1.1 0.0.0.0 area 0
network 10.10.10.1 0.0.0.0 area 0
network 10.10.11.1 0.0.0.0 area 0
network 10.10.12.1 0.0.0.0 area 0
router bgp 100
bgp router-id 10.0.1.1
bgp log-neighbor-changes
neighbor 10.0.1.2 remote-as 100
neighbor 10.0.1.2 password MyBgpPass
neighbor 10.0.1.2 update-source Loopback0
neighbor 10.0.1.3 remote-as 100
neighbor 10.0.1.3 password MyBgpPass
neighbor 10.0.1.3 update-source Loopback0
!
address-family ipv4
neighbor 10.0.1.2 activate
neighbor 10.0.1.3 activate
no auto-summary
no synchronization
exit-address-family
!
address-family ipv6

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

```

neighbor 10.0.1.2 activate
neighbor 10.0.1.3 activate
exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL
permit 10.10.99.0 0.0.0.255
permit 10.20.99.0 0.0.0.255
deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
password cisco
logging synchronous
login
line aux 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
logging synchronous
line vty 0 4
access-class MGMT-ACL in
login local
transport input ssh
ntp authentication-key 1 md5 09625A1929040401 7
ntp authenticate
ntp trusted-key 1
ntp master
ntp server 10.0.1.1 key 1
end
AS100-R2

version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS100-R2
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$/YPf$89qjeREyloDL7wnma8GvD1
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

```

username admin privilege 15 secret 5 $1$4N9K$CuWoaUBJJ12d0k8DQM.zl0
archive
log config
hidekeys
vlan internal allocation policy ascending
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
description Router-ID / Route-Reflector
ip address 10.0.1.2 255.255.255.255
ipv6 address FD00:1::2/128
interface FastEthernet0/0
description Link to AS100-R1
ip address 10.10.10.2 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass100
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:100:20::2/127
interface Serial0/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
description Link to AS100-R4
ip address 10.10.22.1 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass100
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:100:22::1/127
interface Serial0/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
description eBGP Link to AS300-R1
no switchport
ip address 10.10.23.1 255.255.255.252
ipv6 address FD00:100:23::1/127
interface FastEthernet1/1
description Link to AS100-R3
no switchport
ip address 10.10.21.1 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass100
ipv6 address FD00:100:21::1/127
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

```

interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
  no ip address
router ospf 100
  router-id 10.0.1.2
  log-adjacency-changes
  area 0 authentication message-digest
  network 10.0.1.2 0.0.0.0 area 0
  network 10.10.10.2 0.0.0.0 area 0
  network 10.10.21.1 0.0.0.0 area 0
  network 10.10.22.1 0.0.0.0 area 0
router bgp 100
  bgp router-id 10.0.1.2
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 10.0.1.1 remote-as 100
  neighbor 10.0.1.1 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.1.1 update-source Loopback0
  neighbor 10.0.1.3 remote-as 100
  neighbor 10.0.1.3 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.1.3 update-source Loopback0
  neighbor 10.0.1.4 remote-as 100
  neighbor 10.0.1.4 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.1.4 update-source Loopback0
  neighbor 10.23.1.2 remote-as 300
  neighbor 10.23.1.2 password MyBgpPass
  !
  address-family ipv4
    neighbor 10.0.1.1 activate
    neighbor 10.0.1.1 route-reflector-client
    neighbor 10.0.1.3 activate
    neighbor 10.0.1.4 activate
    neighbor 10.0.1.4 route-reflector-client
    neighbor 10.23.1.2 activate
    no auto-summary
    no synchronization
  exit-address-family
  !
  address-family ipv6
    neighbor 10.0.1.1 activate
    neighbor 10.0.1.3 activate
    neighbor 10.0.1.4 activate
  exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL
  permit 10.10.99.0 0.0.0.255
  permit 10.20.99.0 0.0.0.255

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

```

deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
password cisco
logging synchronous
login
line aux 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
logging synchronous
line vty 0 4
access-class MGMT-ACL in
login local
transport input ssh
end

```

AS100-R3

Last configuration change at 19:16:28 UTC Tue Jun 17 2025 NVRAM config last updated at 19:16:40 UTC Tue Jun 17 2025

```

version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS100-R3
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$YGEf$L/UWxDGwp7.vKaLRl/EJq/
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated
username admin privilege 15 secret 5 $1$EKyX$M6wx7.vXNKJsZgOvAegUo1
archive
log config
hidekeys
vlan internal allocation policy ascending
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
description Router-ID / Route-Reflector
ip address 10.0.1.3 255.255.255.255
ipv6 address FD00:1::3/128
interface FastEthernet0/0
description Link to AS100-R1

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

```

ip address 10.10.11.2 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass100
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:100:11::2/127
interface Serial0/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
description Link to AS100-R4
ip address 10.10.32.1 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass100
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:100:32::1/127
interface Serial0/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
description eBGP Link to AS400-R1
no switchport
ip address 10.10.33.1 255.255.255.252
ipv6 address FD00:100:33::1/127
interface FastEthernet1/1
description Link to AS100-R2
no switchport
ip address 10.10.21.2 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass100
ipv6 address FD00:100:21::2/127
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
no ip address
router ospf 100
router-id 10.0.1.3
log-adjacency-changes
area 0 authentication message-digest
network 10.0.1.3 0.0.0.0 area 0

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

```

network 10.10.11.2 0.0.0.0 area 0
network 10.10.21.2 0.0.0.0 area 0
network 10.10.32.1 0.0.0.0 area 0
router bgp 100
  bgp router-id 10.0.1.3
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 10.0.1.1 remote-as 100
  neighbor 10.0.1.1 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.1.1 update-source Loopback0
  neighbor 10.0.1.2 remote-as 100
  neighbor 10.0.1.2 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.1.2 update-source Loopback0
  neighbor 10.0.1.4 remote-as 100
  neighbor 10.0.1.4 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.1.4 update-source Loopback0
  neighbor 10.10.33.2 remote-as 400
  neighbor 10.10.33.2 password MyBgpPass
!
address-family ipv4
  neighbor 10.0.1.1 activate
  neighbor 10.0.1.1 route-reflector-client
  neighbor 10.0.1.2 activate
  neighbor 10.0.1.4 activate
  neighbor 10.0.1.4 route-reflector-client
  neighbor 10.10.33.2 activate
  no auto-summary
  no synchronization
exit-address-family
!
address-family ipv6
  neighbor 10.0.1.1 activate
  neighbor 10.0.1.2 activate
  neighbor 10.0.1.4 activate
exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL
  permit 10.10.99.0 0.0.0.255
  permit 10.20.99.0 0.0.0.255
  deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
  exec-timeout 0 0
  privilege level 15
  password cisco
  logging synchronous
  login
line aux 0
  exec-timeout 0 0
  privilege level 15

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

```

logging synchronous
line vty 0 4
access-class MGMT-ACL in
login local
transport input ssh
ntp authentication-key 1 md5 0721355C7E080A16 7
ntp authenticate
ntp trusted-key 1
ntp clock-period 17179891
ntp server 10.0.1.1 key 1
end

AS100-R4
NVRAM config last updated at 01:56:42 UTC Fri Mar 1 2002
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS100-R4
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$jbxy$zn1ZI/92rmSWuP2IVFp2q1
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated
username admin privilege 15 secret 5 $1$uMb9$5/BkHG1q1gA/3/Il8EMIs1
archive
log config
hidekeys
vlan internal allocation policy ascending
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
description Router-ID
ip address 10.0.1.4 255.255.255.255
ipv6 address FD00:1::4/128
interface FastEthernet0/0
description Link to AS100-R2
ip address 10.10.22.2 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass100
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:100:22::2/127
interface Serial0/0
no ip address
shutdown

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

```

clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
description Link to AS100-R3
ip address 10.10.32.2 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass100
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:100:32::2/127
interface Serial0/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
description eBGP Link to AS200-R1
no switchport
ip address 10.10.42.1 255.255.255.252
ipv6 address FD00:100:42::1/127
interface FastEthernet1/1
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
no ip address
router ospf 100
router-id 10.0.1.4
log-adjacency-changes
area 0 authentication message-digest
network 10.0.1.4 0.0.0.0 area 0
network 10.10.22.0 0.0.0.3 area 0
network 10.10.32.0 0.0.0.3 area 0
router bgp 100
bgp router-id 10.0.1.4
bgp log-neighbor-changes
neighbor 10.0.1.2 remote-as 100
neighbor 10.0.1.2 password MyBgpPass
neighbor 10.0.1.2 update-source Loopback0
neighbor 10.0.1.3 remote-as 100
neighbor 10.0.1.3 password MyBgpPass
neighbor 10.0.1.3 update-source Loopback0
neighbor 10.20.10.1 remote-as 200
neighbor 10.20.10.1 password MyBgpPass

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

```

!
address-family ipv4
 neighbor 10.0.1.2 activate
 neighbor 10.0.1.3 activate
 neighbor 10.20.10.1 activate
 no auto-summary
 no synchronization
 exit-address-family
!
address-family ipv6
 neighbor 10.0.1.2 activate
 neighbor 10.0.1.3 activate
 neighbor 10.20.10.1 activate
 exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL
 permit 10.10.99.0 0.0.0.255
 permit 10.20.99.0 0.0.0.255
 deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
 exec-timeout 0 0
 privilege level 15
 password cisco
 logging synchronous
 login
line aux 0
 exec-timeout 0 0
 privilege level 15
 logging synchronous
line vty 0 4
 access-class MGMT-ACL in
 login local
 transport input ssh
 ntp authentication-key 1 md5 12371107220A1F17 7
 ntp authenticate
 ntp trusted-key 1
 ntp clock-period 17179869
 ntp server 10.0.1.1 key 1
endAS200-R1

version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS200-R1
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$il6u$.1AupSbtzCE6QVg0LwT611

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

```

no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated
username admin privilege 15 secret 5 $1$wgCb$StvgTFNiA/Ty07eA0JhlU.
archive
log config
  hidekeys
vlan internal allocation policy ascending
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
  description Router-ID
  ip address 10.0.2.1 255.255.255.255
  ipv6 address FD00:2::1/128
interface FastEthernet0/0
  description eBGP Link to AS300-R1
  ip address 10.23.1.1 255.255.255.252
  duplex auto
  speed auto
  ipv6 address FD00:23:1::1/127
interface Serial0/0
  no ip address
  shutdown
  clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
  description eBGP Link to AS100-R4
  ip address 10.10.42.2 255.255.255.252
  duplex auto
  speed auto
  ipv6 address FD00:100:42::2/127
interface Serial0/1
  no ip address
  shutdown
  clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
  description Link to AS200-R2
  no switchport
  ip address 10.20.1.1 255.255.255.252
  ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass200
  ipv6 address FD00:20:1::1/127
interface FastEthernet1/1
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

```

interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
  no ip address
router ospf 200
  router-id 10.0.2.1
  log-adjacency-changes
  area 0 authentication message-digest
  network 10.0.2.1 0.0.0.0 area 0
  network 10.20.1.0 0.0.0.3 area 0
router bgp 200
  bgp router-id 10.0.2.1
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 10.0.2.2 remote-as 200
  neighbor 10.0.2.2 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.2.2 update-source Loopback0
  neighbor 10.0.2.3 remote-as 200
  neighbor 10.0.2.3 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.2.3 update-source Loopback0
  neighbor 10.10.42.1 remote-as 100
  neighbor 10.10.42.1 password MyBgpPass
  neighbor 10.30.1.2 remote-as 300
  neighbor 10.30.1.2 password MyBgpPass
  !
  address-family ipv4
    neighbor 10.0.2.2 activate
    neighbor 10.0.2.3 activate
    neighbor 10.10.42.1 activate
    neighbor 10.30.1.2 activate
    no auto-summary
    no synchronization
  exit-address-family
  !
  address-family ipv6
    neighbor 10.0.2.2 activate
    neighbor 10.0.2.3 activate
    neighbor 10.10.42.1 activate
    neighbor 10.30.1.2 activate
  exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL
  permit 10.10.99.0 0.0.0.255
  permit 10.20.99.0 0.0.0.255

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

```

deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
password cisco
logging synchronous
login
line aux 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
logging synchronous
line vty 0 4
access-class MGMT-ACL in
login local
transport input ssh
ntp authentication-key 1 md5 153C1F1C342B3837 7
ntp authenticate
ntp trusted-key 1
ntp server 10.0.1.1 key 1
end
AS200-R2

version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS200-R2
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$JHzN$n8Mhtu1y.8k6rHXKETsfu/
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated
username admin privilege 15 secret 5 $1$cp6R$Vo9fKKJtUGKcns6XGfV4k1
archive
log config
hidekeys
vlan internal allocation policy ascending
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
description Router-ID
ip address 10.0.2.2 255.255.255.255
ipv6 address FD00:2::2/128

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

```

interface FastEthernet0/0
description eBGP Link to AS300-R3
ip address 10.23.2.1 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:200:22::3/127
interface Serial0/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
description Link to AS200-R1
ip address 10.20.1.2 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass200
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:200:1::2/127
interface Serial0/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
description Link to AS200-R3
no switchport
ip address 10.20.2.1 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass200
ipv6 address FD00:200:2::1/127
interface FastEthernet1/1
description eBGP Link to AS400-R2
no switchport
ip address 10.24.1.1 255.255.255.252
ipv6 address FD00:24:1::1/127
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
no ip address
router ospf 200
router-id 10.0.2.2
log-adjacency-changes
area 0 authentication message-digest

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

```

network 10.0.2.2 0.0.0.0 area 0
network 10.20.1.0 0.0.0.3 area 0
network 10.20.2.0 0.0.0.3 area 0
router bgp 200
  bgp router-id 10.0.2.2
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 10.0.2.1 remote-as 200
  neighbor 10.0.2.1 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.2.1 update-source Loopback0
  neighbor 10.0.2.3 remote-as 200
  neighbor 10.0.2.3 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.2.3 update-source Loopback0
  neighbor 10.23.2.2 remote-as 300
  neighbor 10.23.2.2 password MyBgpPass
  neighbor 10.24.1.2 remote-as 400
  neighbor 10.24.1.2 password MyBgpPass
  !
  address-family ipv4
    neighbor 10.0.2.1 activate
    neighbor 10.0.2.3 activate
    neighbor 10.23.2.2 activate
    neighbor 10.24.1.2 activate
    no auto-summary
    no synchronization
  exit-address-family
  !
  address-family ipv6
    neighbor 10.0.2.1 activate
    neighbor 10.0.2.3 activate
    neighbor 10.23.2.2 activate
    neighbor 10.24.1.2 activate
  exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL
  permit 10.10.99.0 0.0.0.255
  permit 10.20.99.0 0.0.0.255
  deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
  exec-timeout 0 0
  privilege level 15
  password cisco
  logging synchronous
  login
line aux 0
  exec-timeout 0 0
  privilege level 15
  logging synchronous
line vty 0 4

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

```

access-class MGMT-ACL in
login local
transport input ssh
ntp authentication-key 1 md5 06281B317C4F1A0A 7
ntp authenticate
ntp trusted-key 1
ntp server 10.0.1.1 key 1
end

```

AS200-R3

```

version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS200-R3
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$QhVU$DYQbzApUkua6uyVMnoahN/
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated
username admin privilege 15 secret 5 $1$ht69$s0YET$SuEhQMXxQhBOuNh.
archive
log config
hidekeys
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
description Router-ID
ip address 10.0.2.3 255.255.255.255
ipv6 address FD00:2::3/128
interface FastEthernet0/0
description Link to AS200-R2
ip address 10.20.2.2 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass200
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:200:2::2/127
interface Serial0/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
description TRUNK to AS200-SW1 (Servers)
no ip address

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

```

duplex auto
speed auto
interface FastEthernet0/1.50
  encapsulation dot1Q 50
  ip address 10.20.50.1 255.255.255.0
  ipv6 address FD00:20:50::1/64
interface Serial0/1
  no ip address
  shutdown
  clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
  description TRUNK to AS200-SW2 (Management)
  switchport mode trunk
interface FastEthernet1/1
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
  no ip address
interface Vlan99
  description Management VLAN Gateway
  ip address 10.20.99.2 255.255.255.0
  ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass200
  ipv6 address FD00:20:99::2/64
  standby 99 ip 10.20.99.1
  standby 99 priority 90
  standby 99 preempt
  standby 99 name HSRP_AS200_MGMT
router ospf 200
  router-id 10.0.2.3
  log-adjacency-changes
  area 0 authentication message-digest
  network 10.0.2.3 0.0.0.0 area 0
  network 10.20.2.0 0.0.0.3 area 0
  network 10.20.50.0 0.0.0.255 area 0
  network 10.20.99.0 0.0.0.255 area 0
router bgp 200
  bgp router-id 10.0.2.3
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 10.0.2.1 remote-as 200
  neighbor 10.0.2.1 password MyBgpPass

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

```

neighbor 10.0.2.1 update-source Loopback0
neighbor 10.0.2.2 remote-as 200
neighbor 10.0.2.2 password MyBgpPass
neighbor 10.0.2.2 update-source Loopback0
!
address-family ipv4
neighbor 10.0.2.1 activate
neighbor 10.0.2.2 activate
no auto-summary
no synchronization
network 10.20.50.0 mask 255.255.255.0
network 10.20.99.0 mask 255.255.255.0
exit-address-family
!
address-family ipv6
neighbor 10.0.2.1 activate
neighbor 10.0.2.2 activate
network FD00:20:50::/64
network FD00:20:99::/64
exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL
permit 10.10.99.0 0.0.0.255
permit 10.20.99.0 0.0.0.255
deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
password cisco
logging synchronous
login
line aux 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
logging synchronous
line vty 0 4
access-class MGMT-ACL in
login local
transport input ssh
endAS300-R1

version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS300-R1
boot-start-marker
boot-end-marker

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

```

enable secret 5 $1$AGw0$vs2iclKobEusG.Qq5t/t8.
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated
username admin privilege 15 secret 5 $1$d8ow$dtRuqSuzzAptMwekRwL3Y/
archive
 log config
  hidekeys
vlan internal allocation policy ascending
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
 description Router-ID
 ip address 10.0.3.1 255.255.255.255
 ipv6 address FD00:3::1/128
interface FastEthernet0/0
 description eBGP Link to AS100-R2
 ip address 10.10.23.2 255.255.255.252
 duplex auto
 speed auto
 ipv6 address FD00:100:23::2/127
interface Serial0/0
 no ip address
 shutdown
 clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
 description Link to AS300-R2
 ip address 10.30.1.1 255.255.255.252
 ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass300
 duplex auto
 speed auto
 ipv6 address FD00:300:1::1/127
interface Serial0/1
 no ip address
 shutdown
 clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
 description eBGP Link to AS200-R1
 no switchport
 ip address 10.23.1.2 255.255.255.252
 ipv6 address FD00:23:1::2/127
interface FastEthernet1/1
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

```

interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
  no ip address
router ospf 300
  router-id 10.0.3.1
  log-adjacency-changes
  area 0 authentication message-digest
  network 10.0.3.1 0.0.0.0 area 0
  network 10.30.1.0 0.0.0.3 area 0
router bgp 65301
  bgp router-id 10.0.3.1
  bgp log-neighbor-changes
  bgp confederation identifier 300
  bgp confederation peers 65302
  neighbor 10.0.3.2 remote-as 65301
  neighbor 10.0.3.2 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.3.2 update-source Loopback0
  neighbor 10.0.3.3 remote-as 65301
  neighbor 10.0.3.3 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.3.3 update-source Loopback0
  neighbor 10.10.23.1 remote-as 100
  neighbor 10.10.23.1 password MyBgpPass
  neighbor 10.23.1.1 remote-as 200
  neighbor 10.23.1.1 password MyBgpPass
!
address-family ipv4
  neighbor 10.0.3.2 activate
  neighbor 10.0.3.3 activate
  neighbor 10.10.23.1 activate
  neighbor 10.23.1.1 activate
  no auto-summary
  no synchronization
exit-address-family
!
address-family ipv6
  neighbor 10.0.3.2 activate
  neighbor 10.0.3.3 activate
  neighbor 10.10.23.1 activate
  neighbor 10.23.1.1 activate
exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

```

ip access-list standard MGMT-ACL
permit 10.10.99.0 0.0.0.255
permit 10.20.99.0 0.0.0.255
deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
password cisco
logging synchronous
login
line aux 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
logging synchronous
line vty 0 4
access-class MGMT-ACL in
login local
transport input ssh
end
AS300-R2

version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS300-R2
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$12MY$dHNVRq/Nt8ks5H8uXx4xG0
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated
username admin privilege 15 secret 5 $1$f7Y.$Us09sNvEXnjAfz55gBJwH0
archive
log config
hidekeys
vlan internal allocation policy ascending
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
description Router-ID
ip address 10.0.3.2 255.255.255.255
ipv6 address FD00:3::2/128
interface FastEthernet0/0

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

```

description Link to AS300-R1
ip address 10.30.1.2 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass300
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:300:1::2/127
interface Serial0/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
description Link to AS300-R4
ip address 10.30.3.1 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass300
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:300:3::1/127
interface Serial0/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
description Link to AS300-R3
no switchport
ip address 10.30.2.1 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass300
ipv6 address FD00:300:2::1/127
interface FastEthernet1/1
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
no ip address
router ospf 300
router-id 10.0.3.2
log-adjacency-changes
area 0 authentication message-digest
network 10.0.3.2 0.0.0.0 area 0
network 10.30.1.0 0.0.0.3 area 0
network 10.30.2.0 0.0.0.3 area 0
network 10.30.3.0 0.0.0.3 area 0

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

```

router bgp 65301
  bgp router-id 10.0.3.2
  bgp log-neighbor-changes
  bgp confederation identifier 300
  bgp confederation peers 65302
  neighbor 10.0.3.1 remote-as 65301
  neighbor 10.0.3.1 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.3.1 update-source Loopback0
  neighbor 10.0.3.3 remote-as 65301
  neighbor 10.0.3.3 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.3.3 update-source Loopback0
  neighbor 10.30.3.2 remote-as 65302
  neighbor 10.30.3.2 password MyBgpPass
!
address-family ipv4
  neighbor 10.0.3.1 activate
  neighbor 10.0.3.3 activate
  neighbor 10.30.3.2 activate
  no auto-summary
  no synchronization
exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL
  permit 10.10.99.0 0.0.0.255
  permit 10.20.99.0 0.0.0.255
  deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
  exec-timeout 0 0
  privilege level 15
  password cisco
  logging synchronous
  login
line aux 0
  exec-timeout 0 0
  privilege level 15
  logging synchronous
line vty 0 4
  access-class MGMT-ACL in
  login local
  transport input ssh
end
AS300-R3

version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS300-R3

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

```

boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$NUDU$RbqNTW/E3SZHVMG60v6Yz/
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated
username admin privilege 15 secret 5 $1$Ta8y$Jrfw8eoDDHbHrSmt9botE.
archive
log config
  hidekeys
vlan internal allocation policy ascending
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
  description Router-ID
  ip address 10.0.3.3 255.255.255.255
  ipv6 address FD00:3::3/128
interface FastEthernet0/0
  description Link to AS300-R2
  ip address 10.30.2.2 255.255.255.252
  ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass300
  duplex auto
  speed auto
  ipv6 address FD00:300:2::2/127
interface Serial0/0
  no ip address
  shutdown
  clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
  description eBGP Link to AS200-R2
  ip address 10.23.2.2 255.255.255.252
  duplex auto
  speed auto
  ipv6 address FD00:23:2::2/127
interface Serial0/1
  no ip address
  shutdown
  clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
  description Link to AS300-R5
  no switchport
  ip address 10.30.4.1 255.255.255.252
  ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass300
  ipv6 address FD00:300:4::1/127
interface FastEthernet1/1
  description Link to AS300-R6

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

```

no switchport
ip address 10.30.5.1 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass300
ipv6 address FD00:300:5::1/127
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
  no ip address
router ospf 300
  router-id 10.0.3.3
  log-adjacency-changes
  area 0 authentication message-digest
  network 10.0.3.3 0.0.0.0 area 0
  network 10.30.2.0 0.0.0.3 area 0
  network 10.30.4.0 0.0.0.3 area 0
  network 10.30.5.0 0.0.0.3 area 0
router bgp 65301
  bgp router-id 10.0.3.3
  bgp log-neighbor-changes
  bgp confederation identifier 300
  bgp confederation peers 65302
  neighbor 10.0.3.1 remote-as 65301
  neighbor 10.0.3.1 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.3.1 update-source Loopback0
  neighbor 10.0.3.2 remote-as 65301
  neighbor 10.0.3.2 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.3.2 update-source Loopback0
  neighbor 10.23.2.1 remote-as 200
  neighbor 10.23.2.1 password MyBgpPass
  neighbor 10.30.7.1 remote-as 65302
  neighbor 10.30.7.1 password MyBgpPass
  neighbor 10.30.8.1 remote-as 65302
  neighbor 10.30.8.1 password MyBgpPass
  !
address-family ipv4
  neighbor 10.0.3.1 activate
  neighbor 10.0.3.2 activate
  neighbor 10.23.2.1 activate
  neighbor 10.30.7.1 activate
  neighbor 10.30.8.1 activate

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

```

no auto-summary
no synchronization
exit-address-family
!
address-family ipv6
neighbor 10.0.3.1 activate
neighbor 10.0.3.2 activate
neighbor 10.23.2.1 activate
neighbor 10.30.7.1 activate
neighbor 10.30.8.1 activate
exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL
permit 10.10.99.0 0.0.0.255
permit 10.20.99.0 0.0.0.255
deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
password cisco
logging synchronous
login
line aux 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
logging synchronous
line vty 0 4
access-class MGMT-ACL in
login local
transport input ssh
end

```

AS300-R4

```

version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS300-R4
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$MNCq$KG1DUhUWsbe5RJLotfZKs1
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

```

ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated
username admin privilege 15 secret 5 $1$e7IX$ZgjJnWHOpofrcCh2Dyh5p0
archive
log config
hidekeys
vlan internal allocation policy ascending
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
description Router-ID
ip address 10.0.3.4 255.255.255.255
ipv6 address FD00:3::4/128
interface FastEthernet0/0
description Link to AS300-R2
ip address 10.30.3.2 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass300
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:300:3::2/127
interface Serial0/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
description Link to AS300-R3
ip address 10.30.6.1 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass300
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:30:6::1/127
interface Serial0/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
description Gateway for User VLAN 11
no switchport
ip address 10.30.11.1 255.255.255.0
ipv6 address FD00:30:11::1/64
interface FastEthernet1/1
description Gateway for User VLAN 10
no switchport
ip address 10.30.10.1 255.255.255.0
ipv6 address FD00:30:10::1/64
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

```

interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
  no ip address
router ospf 300
  router-id 10.0.3.4
  log-adjacency-changes
  area 0 authentication message-digest
  network 10.0.3.4 0.0.0.0 area 0
  network 10.30.3.0 0.0.0.3 area 0
  network 10.30.6.0 0.0.0.3 area 0
  network 10.30.10.0 0.0.0.255 area 0
  network 10.30.11.0 0.0.0.255 area 0
router bgp 65302
  bgp router-id 10.0.3.4
  bgp log-neighbor-changes
  bgp confederation identifier 300
  bgp confederation peers 65301
  neighbor 10.0.3.5 remote-as 65302
  neighbor 10.0.3.5 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.3.5 update-source Loopback0
  neighbor 10.0.3.6 remote-as 65302
  neighbor 10.0.3.6 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.3.6 update-source Loopback0
  neighbor 10.30.2.1 remote-as 65301
  neighbor 10.30.2.1 password MyBgpPass
  neighbor 10.30.4.2 remote-as 65301
  neighbor 10.30.4.2 password MyBgpPass
  !
  address-family ipv4
    neighbor 10.0.3.5 activate
    neighbor 10.0.3.6 activate
    neighbor 10.30.2.1 activate
    neighbor 10.30.4.2 activate
    no auto-summary
    no synchronization
    network 10.30.10.0 mask 255.255.255.0
    network 10.30.11.0 mask 255.255.255.0
  exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL
  permit 10.10.99.0 0.0.0.255
  permit 10.20.99.0 0.0.0.255
  deny any log

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

```

no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
password cisco
logging synchronous
login
line aux 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
logging synchronous
line vty 0 4
access-class MGMT-ACL in
login local
transport input ssh
end

```

AS300-R5

```

version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS300-R5
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$Nb/0$eLrVHoAuORwq4Adb60mDc/
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated
username admin privilege 15 secret 5 $1$LULf$GtEOvDQ.NWdciudd2MtdS.
archive
log config
hidekeys
vlan internal allocation policy ascending
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
description Router-ID
ip address 10.0.3.5 255.255.255.255
ipv6 address FD00:3::5/128
interface FastEthernet0/0
description Link to AS300-R3
ip address 10.30.4.2 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass300

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

```

duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:300:4::2/127
interface Serial0/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
description Link to AS300-R6
ip address 10.30.8.1 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass300
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:30:8::1/127
interface Serial0/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
description Link to AS300-R4
no switchport
ip address 10.30.7.1 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass300
ipv6 address FD00:30:7::1/127
interface FastEthernet1/1
description Gateway for User LAN (to SW3)
no switchport
ip address 10.30.12.1 255.255.255.0
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass300
ipv6 address FD00:30:12::1/64
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
no ip address
router ospf 300
router-id 10.0.3.5
log-adjacency-changes
area 0 authentication message-digest
network 10.0.3.5 0.0.0.0 area 0
network 10.30.4.0 0.0.0.3 area 0

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

```

network 10.30.7.0 0.0.0.3 area 0
network 10.30.8.0 0.0.0.3 area 0
network 10.30.12.0 0.0.0.255 area 0
router bgp 65302
  bgp router-id 10.0.3.5
  bgp log-neighbor-changes
  bgp confederation identifier 300
  bgp confederation peers 65301
  neighbor 10.0.3.4 remote-as 65302
  neighbor 10.0.3.4 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.3.4 update-source Loopback0
  neighbor 10.0.3.6 remote-as 65302
  neighbor 10.0.3.6 password MyBgpPass
  neighbor 10.0.3.6 update-source Loopback0
  neighbor 10.30.4.1 remote-as 65301
  neighbor 10.30.4.1 password MyBgpPass
!
address-family ipv4
  neighbor 10.0.3.4 activate
  neighbor 10.0.3.6 activate
  neighbor 10.30.4.1 activate
  no auto-summary
  no synchronization
  network 10.30.12.0 mask 255.255.255.0
exit-address-family
!
address-family ipv6
  neighbor 10.0.3.4 activate
  neighbor 10.0.3.6 activate
  neighbor 10.30.4.1 activate
  network FD00:30:12::/64
exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL
  permit 10.10.99.0 0.0.0.255
  permit 10.20.99.0 0.0.0.255
  deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
  exec-timeout 0 0
  privilege level 15
  password cisco
  logging synchronous
login
line aux 0
  exec-timeout 0 0
  privilege level 15
  logging synchronous
line vty 0 4

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

```

access-class MGMT-ACL in
login local
transport input ssh
end

```

AS300-R6

```

version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS300-R6
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$NIWg$APu/atAoWcj8fWcCSlyyl.
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated
username admin privilege 15 secret 5 $1$F/zw$sgZ52iFaSsrT7mHl7addJ1
archive
log config
hidekeys
vlan internal allocation policy ascending
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
description Router-ID
ip address 10.30.0.6 255.255.255.255
ipv6 address FD00:30::6/128
interface FastEthernet0/0
description Link to AS300-R3
ip address 10.30.5.2 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass300
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:300:5::2/127
interface Serial0/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
description Link to AS300-R5
ip address 10.30.8.2 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass300
duplex auto
speed auto

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

```

ipv6 address FD00:300:8::2/127
interface Serial0/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
description Gateway for User LAN (to SW4)
no switchport
ip address 10.30.13.1 255.255.255.0
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass300
ipv6 address FD00:30:13::1/64
interface FastEthernet1/1
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
no ip address
router ospf 300
router-id 10.30.0.6
log-adjacency-changes
area 0 authentication message-digest
network 10.30.0.6 0.0.0.0 area 0
network 10.30.5.0 0.0.0.3 area 0
network 10.30.8.0 0.0.0.3 area 0
network 10.30.13.0 0.0.0.255 area 0
router bgp 65302
bgp router-id 10.30.0.6
bgp log-neighbor-changes
bgp confederation identifier 300
bgp confederation peers 65301
neighbor 10.0.3.4 remote-as 65302
neighbor 10.0.3.4 password MyBgpPass
neighbor 10.0.3.4 update-source Loopback0
neighbor 10.0.3.5 remote-as 65302
neighbor 10.0.3.5 password MyBgpPass
neighbor 10.0.3.5 update-source Loopback0
neighbor 10.30.5.1 remote-as 65301
neighbor 10.30.5.1 password MyBgpPass
!
address-family ipv4
neighbor 10.0.3.4 activate

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

```

neighbor 10.0.3.5 activate
neighbor 10.30.5.1 activate
no auto-summary
no synchronization
network 10.30.13.0 mask 255.255.255.0
exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL
  permit 10.10.99.0 0.0.0.255
  permit 10.20.99.0 0.0.0.255
  deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
  exec-timeout 0 0
  privilege level 15
  password cisco
  logging synchronous
  login
line aux 0
  exec-timeout 0 0
  privilege level 15
  logging synchronous
line vty 0 4
  access-class MGMT-ACL in
  login local
  transport input ssh
endAS400-R1

version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS400-R1
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$DcDA$UeOW1yPicF9nFsGFsJhnf.
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated
username admin privilege 15 secret 5 $1$q4dP$Yo1eZZa.GCUNpgaNRie8M1
archive
  log config

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

```

hidekeys
vlan internal allocation policy ascending
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
description Router-ID
ip address 10.40.0.1 255.255.255.255
ipv6 address FD00:40::1/128
interface FastEthernet0/0
description eBGP Link to AS100-R3
ip address 10.10.33.2 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:FE:14::1/127
interface Serial0/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
description Link to AS400-R3
ip address 10.40.2.1 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass400
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:40:2::/127
interface Serial0/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
description Link to AS400-R2
no switchport
ip address 10.40.1.1 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass400
ipv6 address FD00:40:1::/127
interface FastEthernet1/1
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
no ip address
router ospf 400

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

```

router-id 10.40.0.1
log-adjacency-changes
area 0 authentication message-digest
network 10.40.0.1 0.0.0.0 area 0
network 10.40.1.0 0.0.0.3 area 0
network 10.40.2.0 0.0.0.3 area 0
router bgp 400
  bgp router-id 10.40.0.1
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 10.10.33.1 remote-as 100
  neighbor 10.10.33.1 password MyBgpPass
  neighbor 10.40.0.2 remote-as 400
  neighbor 10.40.0.2 password MyBgpPass
  neighbor 10.40.0.2 update-source Loopback0
  neighbor 10.40.0.4 remote-as 400
  neighbor 10.40.0.4 password MyBgpPass
  neighbor 10.40.0.4 update-source Loopback0
!
address-family ipv4
  neighbor 10.10.33.1 activate
  neighbor 10.40.0.2 activate
  neighbor 10.40.0.4 activate
  no auto-summary
  no synchronization
exit-address-family
!
address-family ipv6
  neighbor 10.10.33.1 activate
  neighbor 10.40.0.2 activate
  neighbor 10.40.0.4 activate
exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL
  permit 10.10.99.0 0.0.0.255
  permit 10.20.99.0 0.0.0.255
  deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
  exec-timeout 0 0
  privilege level 15
  password cisco
  logging synchronous
  login
line aux 0
  exec-timeout 0 0
  privilege level 15
  logging synchronous
line vty 0 4
  access-class MGMT-ACL in

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

```

login local
transport input ssh
ntp authentication-key 1 md5 032A4F1B360E325F 7
ntp authenticate
ntp trusted-key 1
ntp server 10.10.0.1 key 1
end
AS400-R2

version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS400-R2
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$KFV$k$0/2btfTEryqmo.7HzgoC0
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated
username admin privilege 15 secret 5 $1$uK3Z$Q7qymiJsvfUE8HyBaBrNh1
archive
log config
hidekeys
vlan internal allocation policy ascending
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
description Router-ID / Route-Reflector
ip address 10.40.0.2 255.255.255.255
ipv6 address FD00:40::2/128
interface FastEthernet0/0
description eBGP Link to AS200-R2
ip address 10.24.1.2 255.255.255.252
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:FE:24::1/127
interface Serial0/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
description Link to AS400-R4
ip address 10.40.3.1 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass400
duplex auto

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

```

speed auto
ipv6 address FD00:40:3::/127
interface Serial0/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
description Link to AS400-R5
no switchport
ip address 10.40.4.1 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass400
ipv6 address FD00:40:4::/127
interface FastEthernet1/1
description Link to AS400-R1
no switchport
ip address 10.40.1.2 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass400
ipv6 address FD00:40:1::/127
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
no ip address
router ospf 400
router-id 10.40.0.2
log-adjacency-changes
area 0 authentication message-digest
network 10.40.0.2 0.0.0.0 area 0
network 10.40.1.0 0.0.0.3 area 0
network 10.40.3.0 0.0.0.3 area 0
network 10.40.4.0 0.0.0.3 area 0
router bgp 400
bgp router-id 10.40.0.2
bgp log-neighbor-changes
neighbor 10.24.1.1 remote-as 200
neighbor 10.24.1.1 password MyBgpPass
neighbor 10.40.0.1 remote-as 400
neighbor 10.40.0.1 password MyBgpPass
neighbor 10.40.0.1 update-source Loopback0
neighbor 10.40.0.3 remote-as 400
neighbor 10.40.0.3 password MyBgpPass

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

```

neighbor 10.40.0.3 update-source Loopback0
neighbor 10.40.0.4 remote-as 400
neighbor 10.40.0.4 password MyBgpPass
neighbor 10.40.0.4 update-source Loopback0
neighbor 10.40.0.5 remote-as 400
neighbor 10.40.0.5 password MyBgpPass
neighbor 10.40.0.5 update-source Loopback0
!
address-family ipv4
neighbor 10.24.1.1 activate
neighbor 10.40.0.1 activate
neighbor 10.40.0.1 route-reflector-client
neighbor 10.40.0.3 activate
neighbor 10.40.0.3 route-reflector-client
neighbor 10.40.0.4 activate
neighbor 10.40.0.5 activate
neighbor 10.40.0.5 route-reflector-client
no auto-summary
no synchronization
exit-address-family
!
address-family ipv6
neighbor 10.24.1.1 activate
neighbor 10.40.0.1 activate
neighbor 10.40.0.3 activate
neighbor 10.40.0.4 activate
neighbor 10.40.0.5 activate
exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL
permit 10.10.99.0 0.0.0.255
permit 10.20.99.0 0.0.0.255
deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
password cisco
logging synchronous
login
line aux 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
logging synchronous
line vty 0 4
access-class MGMT-ACL in
login local
transport input ssh
end

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

AS400-R3

```
version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS400-R3
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$nFRU$pLXuHxq2McaEH9CJewmSP1
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated
username admin privilege 15 secret 5 $1$X9P2$OEPSy2G1HTe8OmjoSt4g2/
archive
 log config
  hidekeys
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
 description Router-ID
 ip address 10.40.0.3 255.255.255.255
 ipv6 address FD00:40::3/128
interface FastEthernet0/0
 description Link to AS400-R1
 ip address 10.40.2.2 255.255.255.252
 ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass400
 duplex auto
 speed auto
 ipv6 address FD00:40:2::1/127
interface Serial0/0
 no ip address
 shutdown
 clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
 description Gateway for User LAN (to SW1)
 ip address 10.40.10.1 255.255.255.0
 ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass400
 duplex auto
 speed auto
 ipv6 address FD00:40:10::1/64
interface Serial0/1
 no ip address
 shutdown
 clock rate 2000000
```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

```

interface FastEthernet1/0
interface FastEthernet1/1
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
  no ip address
router ospf 400
  router-id 10.40.0.3
  log-adjacency-changes
  area 0 authentication message-digest
  network 10.40.0.0 0.0.0.0 area 0
  network 10.40.2.0 0.0.0.3 area 0
  network 10.40.10.0 0.0.0.255 area 0
router bgp 400
  bgp router-id 10.40.0.3
  bgp log-neighbor-changes
  neighbor 10.40.0.2 remote-as 400
  neighbor 10.40.0.2 password MyBgpPass
  neighbor 10.40.0.2 update-source Loopback0
  neighbor 10.40.0.4 remote-as 400
  neighbor 10.40.0.4 password MyBgpPass
  neighbor 10.40.0.4 update-source Loopback0
!
address-family ipv4
  neighbor 10.40.0.2 activate
  neighbor 10.40.0.4 activate
  no auto-summary
  no synchronization
  network 10.40.10.0 mask 255.255.255.0
exit-address-family
!
address-family ipv6
  neighbor 10.40.0.2 activate
  neighbor 10.40.0.4 activate
  network FD00:40:10::/64
exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

```

permit 10.10.99.0 0.0.0.255
permit 10.20.99.0 0.0.0.255
deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
password cisco
logging synchronous
login
line aux 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
logging synchronous
line vty 0 4
access-class MGMT-ACL in
login local
transport input ssh
endAS400-R4

version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS400-R4
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$QwI4$/sJNjbk9veNkv7EujjgwR0
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated
username admin privilege 15 secret 5 $1$gzsA$zs59gMTd9n0MC7tjKZmBf.
archive
log config
hidekeys
vlan internal allocation policy ascending
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
description Router-ID / Route-Reflector
ip address 10.40.0.4 255.255.255.255
ipv6 address FD00:40::4/128
interface FastEthernet0/0
description Link to AS400-R2
ip address 10.40.3.2 255.255.255.252

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

```

ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass400
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:40:3::1/127
interface Serial0/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
description Link to AS400-R5
ip address 10.40.5.1 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass400
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:40:5::/127
interface Serial0/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
description Gateway for User LAN (to SW2)
no switchport
ip address 10.40.11.1 255.255.255.0
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass400
ipv6 address FD00:40:11::1/64
interface FastEthernet1/1
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
no ip address
router ospf 400
router-id 10.40.0.4
log-adjacency-changes
area 0 authentication message-digest
network 10.40.0.4 0.0.0.0 area 0
network 10.40.3.0 0.0.0.3 area 0
network 10.40.5.0 0.0.0.3 area 0
network 10.40.11.0 0.0.0.255 area 0
router bgp 400
bgp router-id 10.40.0.4

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		99

```

bgp log-neighbor-changes
neighbor 10.40.0.1 remote-as 400
neighbor 10.40.0.1 password MyBgpPass
neighbor 10.40.0.1 update-source Loopback0
neighbor 10.40.0.2 remote-as 400
neighbor 10.40.0.2 password MyBgpPass
neighbor 10.40.0.2 update-source Loopback0
neighbor 10.40.0.3 remote-as 400
neighbor 10.40.0.3 password MyBgpPass
neighbor 10.40.0.3 update-source Loopback0
neighbor 10.40.0.5 remote-as 400
neighbor 10.40.0.5 password MyBgpPass
neighbor 10.40.0.5 update-source Loopback0
!
address-family ipv4
neighbor 10.40.0.1 activate
neighbor 10.40.0.1 route-reflector-client
neighbor 10.40.0.2 activate
neighbor 10.40.0.3 activate
neighbor 10.40.0.3 route-reflector-client
neighbor 10.40.0.5 activate
neighbor 10.40.0.5 route-reflector-client
no auto-summary
no synchronization
network 10.40.11.0 mask 255.255.255.0
exit-address-family
!
address-family ipv6
neighbor 10.40.0.1 activate
neighbor 10.40.0.2 activate
neighbor 10.40.0.3 activate
neighbor 10.40.0.5 activate
network FD00:40:11::/64
exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL
permit 10.10.99.0 0.0.0.255
permit 10.20.99.0 0.0.0.255
deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
password cisco
logging synchronous
login
line aux 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		100

```

logging synchronous
line vty 0 4
access-class MGMT-ACL in
login local
transport input ssh
end
AS400-R5

version 12.4
service timestamps debug datetime msec
service timestamps log datetime msec
no service password-encryption
hostname AS400-R5
boot-start-marker
boot-end-marker
enable secret 5 $1$IXTL$sOikDmU3TntVwR.rm30qG.
no aaa new-model
memory-size iomem 5
no ip icmp rate-limit unreachable
ip cef
no ip domain lookup
ip domain name Shepelyn.local
ip auth-proxy max-nodata-conns 3
ip admission max-nodata-conns 3
ipv6 unicast-routing
multilink bundle-name authenticated
username admin privilege 15 secret 5 $1$5X9B$9wt2W6mvkWvGdKlRoHD/D.
archive
log config
hidekeys
vlan internal allocation policy ascending
ip tcp synwait-time 5
interface Loopback0
description Router-ID
ip address 10.40.0.5 255.255.255.255
ipv6 address FD00:40::5/128
interface FastEthernet0/0
description Link to AS400-R2
ip address 10.40.4.2 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass400
duplex auto
speed auto
ipv6 address FD00:40:4::1/127
interface Serial0/0
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet0/1
description Link to AS400-R4
ip address 10.40.5.2 255.255.255.252
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass400
duplex auto

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		101

```

speed auto
ipv6 address FD00:40:5::1/127
interface Serial0/1
no ip address
shutdown
clock rate 2000000
interface FastEthernet1/0
description Gateway for User LAN (to SW3)
no switchport
ip address 10.40.12.1 255.255.255.0
ip ospf message-digest-key 1 md5 OspfPass400
ipv6 address FD00:40:12::1/64
interface FastEthernet1/1
interface FastEthernet1/2
interface FastEthernet1/3
interface FastEthernet1/4
interface FastEthernet1/5
interface FastEthernet1/6
interface FastEthernet1/7
interface FastEthernet1/8
interface FastEthernet1/9
interface FastEthernet1/10
interface FastEthernet1/11
interface FastEthernet1/12
interface FastEthernet1/13
interface FastEthernet1/14
interface FastEthernet1/15
interface Vlan1
no ip address
router ospf 400
router-id 10.40.0.5
log-adjacency-changes
area 0 authentication message-digest
network 10.40.0.5 0.0.0.0 area 0
network 10.40.4.0 0.0.0.3 area 0
network 10.40.5.0 0.0.0.3 area 0
network 10.40.12.0 0.0.0.255 area 0
router bgp 400
bgp router-id 10.40.0.5
bgp log-neighbor-changes
neighbor 10.40.0.2 remote-as 400
neighbor 10.40.0.2 password MyBgpPass
neighbor 10.40.0.2 update-source Loopback0
neighbor 10.40.0.4 remote-as 400
neighbor 10.40.0.4 password MyBgpPass
neighbor 10.40.0.4 update-source Loopback0
!
address-family ipv4
neighbor 10.40.0.2 activate
neighbor 10.40.0.4 activate
no auto-summary
no synchronization

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		102

```

network 10.40.12.0 mask 255.255.255.0
exit-address-family
!
address-family ipv6
neighbor 10.40.0.2 activate
neighbor 10.40.0.4 activate
network FD00:40:12::/64
exit-address-family
ip forward-protocol nd
no ip http server
no ip http secure-server
ip access-list standard MGMT-ACL
permit 10.10.99.0 0.0.0.255
permit 10.20.99.0 0.0.0.255
deny any log
no cdp log mismatch duplex
control-plane
line con 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
password cisco
logging synchronous
login
line aux 0
exec-timeout 0 0
privilege level 15
logging synchronous
line vty 0 4
access-class MGMT-ACL in
login local
transport input ssh
end

```

		Шепелин А. Д.			ККІКБ.КР.Б – 123 – 18 – ПЗ	Арк.
		Дячук О. Ю.				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		103