

## ЗАНЯТТЯ № 3

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ МАРШРУТИЗАЦІЇ МІЖ ВІРТУАЛЬНИМИ ЛОКАЛЬНИМИ МЕРЕЖАМИ (INTER-VLAN ROUTING) У МЕРЕЖІ НА БАЗІ ОБЛАДНАННЯ CISCO

**Мета заняття:** ознайомитися з принципами організації Inter-VLAN Routing; розглянути два основних способи організації Inter-VLAN Routing – Legacy (окремі фізичні інтерфейси маршрутизатора для кожної VLAN) та Router-on-a-Stick (підінтерфейси з протоколом 802.1Q на транковому каналі); отримати практичні навички створення VLAN, налагодження транкових та access-портів, підінтерфейсів маршрутизатора, DHCP-серверів для кожної VLAN, VLAN для керування (Management VLAN) з доступом через SSH; дослідити процеси маршрутизації між VLAN та процеси передачі даних у побудованій мережі.

#### *Обладнання та програмне забезпечення*

Для виконання заняття на робочому місці студента має бути наявним таке обладнання та програмне забезпечення:

1. Маршрутизатор Cisco серії 1841/2801/2811/2821/2901/2911/2921 (з не менш ніж 4 Ethernet-інтерфейсами або з інтерфейсами, що підтримують підінтерфейси 802.1Q) – 1 шт.
2. Керовані комутатори Cisco серії Catalyst 2960 (моделі WS-C2960-24TT-L або WS-C2960-48TT-L або WS-C2960S-F24TS-L) – 2 шт.
3. Робочі станції (ПК або ноутбуки) з операційною системою Windows/Linux – не менше 2 шт.
4. Консольний кабель Cisco (rollover) з конектором RJ-45 та перехідником на USB або COM-порт – 1 шт.
5. Ethernet-кабелі прямого типу (T568B) категорії Cat 5e/Cat 6 – не менше 7 шт.
6. Термінальна програма-емулятор (PuTTY, Tera Term, SecureCRT або аналогічна) – встановлена на робочих станціях.

#### *Схема підключення*

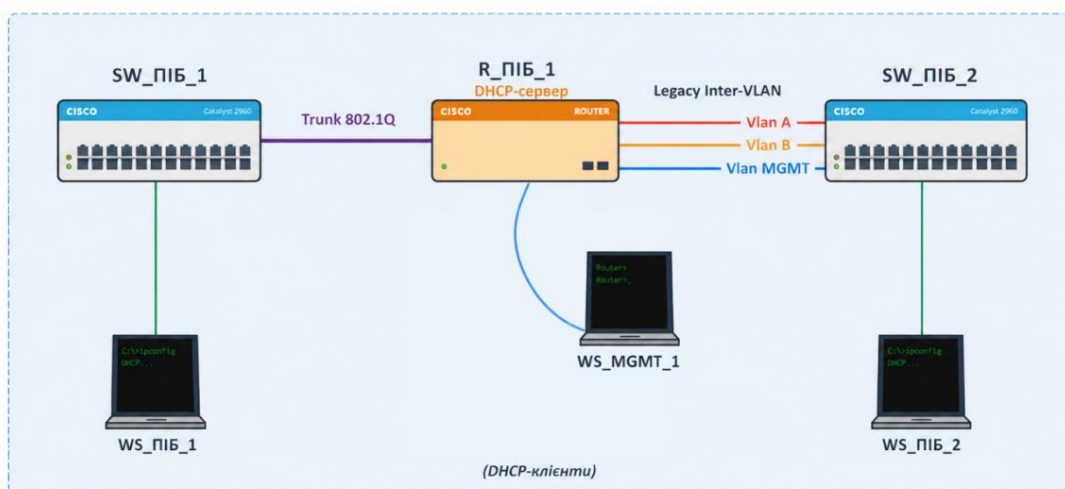


Рис. 3.1. Схема мережі, що будується у межах заняття

**Примітка:** ПІБ необхідно зазначати у скороченому форматі, який відповідає логіну для входу на платформу learn. Приклад: якщо логін для входу на learn – kb1\_kmd, то назва комутатора має бути у форматі SW\_kmd\_1.

## ЗАВДАННЯ

1. Ознайомитися з обладнанням та програмним забезпеченням робочого місця, перевірити наявність консольного та Ethernet-кабелів, термінальної програми.

2. Створити мережу відповідно до схеми на рис. 3.1. Мережа складається з маршрутизатора R\_ПІБ\_1, двох комутаторів SW\_ПІБ\_1 та SW\_ПІБ\_2 і двох робочих станцій WS\_ПІБ\_1, WS\_ПІБ\_2. У мережі використовуються три VLAN:

- **VLAN A** – робоча VLAN для першої групи пристроїв;
- **VLAN B** – робоча VLAN для другої групи пристроїв;
- **VLAN MGMT** – Management VLAN для керування пристроями

через SSH.

Зліва SW\_ПІБ\_1 з'єднаний з R\_ПІБ\_1 через **транковий канал** (Router-on-a-Stick з підінтерфейсами). Справа SW\_ПІБ\_2 з'єднаний з R\_ПІБ\_1 через **три окремі фізичні канали** (Legacy Inter-VLAN Routing – по одному каналу на кожен VLAN).

3. Провести налагодження іменування всіх пристроїв мережі (R\_ПІБ\_1, SW\_ПІБ\_1, SW\_ПІБ\_2).

4. Розробити схему IP-адресації пристроїв мережі. Для цього скористатися даними табл. 3.2 згідно з варіантом. Результати заповнити у табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

**Параметри адресації мережі**

Мережа / Пристрій	Інтерфейс	MAC-адреса	IP-адреса	Маска	Префікс
Підмережа VLAN A	–	–			
Підмережа VLAN B	–	–			
Підмережа VLAN MGMT	–	–			
Маршрутизатор R1	(trunk, VLAN A)				
	(trunk, VLAN B)				
	(trunk, VLAN MGMT)				
	(access, VLAN A)				
	(access, VLAN B)				
	(access, VLAN MGMT)				
Комутатор SW1	Vlan MGMT				
Комутатор SW2	Vlan MGMT				
Робоча станція WS1	NIC		(DHCP)		
Робоча станція WS2	NIC		(DHCP)		

5. На комутаторі SW\_ПІБ\_1 створити три VLAN (A, B, MGMT) згідно з варіантом (табл. 3.3) і налаштувати:

- порти для підключення робочих станцій – у режимі **access** для всіх VLAN;
- порт для підключення до маршрутизатора R\_ПІБ\_1 – у режимі **trunk**;
- IP-адресу на інтерфейсі **VLAN MGMT** для доступу через SSH;
- шлюз за замовчуванням (адресу підінтерфейсу **VLAN MGMT**).

6. На комутаторі SW\_ПІБ\_2 створити три VLAN (A, B, MGMT) і налаштувати:

- порти для підключення робочих станцій – у режимі **access** для всіх VLAN;
- три порти для підключення до маршрутизатора R\_ПІБ\_1 – у режимі **access** (по одному порту на кожен VLAN);
- IP-адресу на інтерфейсі **VLAN MGMT**;

- шлюз за замовчуванням.
7. На маршрутизаторі R\_ПІБ\_1 налаштувати **Inter-VLAN Routing** двома способами:
- а) **Router-on-a-Stick** (для з'єднання з SW\_ПІБ\_1):
- активувати фізичний інтерфейс (без IP-адреси);
  - створити три підінтерфейси для 3 VLAN;
  - на кожному підінтерфейсі налаштувати інкапсуляцію **encapsulation dot1q** з відповідним VLAN-ID;
  - призначити IP-адресу кожному підінтерфейсу (шлюз за замовчуванням для відповідної VLAN).
- б) **Legacy Inter-VLAN Routing** (для з'єднання з SW\_ПІБ\_2):
- на кожному з трьох фізичних інтерфейсів призначити IP-адресу відповідної VLAN;
  - активувати інтерфейси командою **no shutdown**.
8. На маршрутизаторі R\_ПІБ\_1 налаштувати **DHCP-сервер** для VLAN А та VLAN В. Для кожної VLAN створити окремий пул адрес (**ip dhcp pool**), вказати мережу, шлюз за замовчуванням, DNS-сервери (8.8.8.8, 8.8.4.4). Виключити з пулів адреси, призначені для статичного використання (шлюзи, комутатори).
9. Налаштувати **віддалений доступ через SSH** до комутаторів SW\_ПІБ\_1, SW\_ПІБ\_2 та маршрутизатора R\_ПІБ\_1 через VLAN MGMT. Створити користувачів **Admin** (privilege 15) та **User** (privilege 1) з паролем **1111**. Згенерувати RSA-ключі, увімкнути **SSHv2**.
- УВАГА!** Усі паролі для користувачів та пароль на привілейований режим повинні бути **1111**.
10. Налаштувати робочі станції WS\_ПІБ\_1 та WS\_ПІБ\_2 як DHCP-клієнти. Підключити WS\_ПІБ\_1 до порту VLAN А на SW\_ПІБ\_1, перевірити отримання IP-адреси. Потім перемкнути у порт VLAN В і перевірити отримання іншої адреси. Аналогічно для WS\_ПІБ\_2 на SW\_ПІБ\_2.
11. Перевірити наявність зв'язку між пристроями різних VLAN:
- з WS\_ПІБ\_1 (VLAN А на SW1) до WS\_ПІБ\_2 (VLAN В на SW2) – **ping** через маршрутизатор;
  - з WS\_ПІБ\_1 (VLAN А на SW1) до WS\_ПІБ\_2 (VLAN А на SW2) – **ping**;
  - з робочої станції до адрес комутаторів (**VLAN MGMT**);
  - виконати **tracert** для спостереження маршруту (через R1).
- Зафіксувати результати у звіті.
12. Перевірити доступ через **SSH** з робочої станції до комутаторів та маршрутизатора (через **VLAN MGMT**).
13. Дослідити таблиці маршрутизації (**show ip route**), таблиці VLAN (**show vlan brief**), стан транкових каналів (**show interfaces trunk**), стан підінтерфейсів (**show ip interface brief**), прив'язки DHCP (**show ip dhcp binding**).
14. Вивести та проаналізувати файли конфігурацій усіх комунікаційних пристроїв мережі (**show running-config**).
15. Продемонструвати виконану роботу керівнику практики та оформити звіт за заняттям.

## ВАРІАНТИ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Варіант визначається за номером стійки, за якою працюють студенти.

Таблиця 3.2.

### Параметри IP-адресації мережі

№ варіанта	IP-адреса VLAN A	IP-адреса VLAN B	IP-адреса VLAN MGMT	Префікс
1	191.C.S.0	192.C.S.0	10.C.S.0	/24
2	192.C.S.0	193.C.S.0	10.C.S.0	/24
3	193.C.S.0	194.C.S.0	10.C.S.0	/24
4	194.C.S.0	195.C.S.0	10.C.S.0	/24
5	195.C.S.0	196.C.S.0	10.C.S.0	/24
6	196.C.S.0	197.C.S.0	10.C.S.0	/24
7	197.C.S.0	198.C.S.0	10.C.S.0	/24
8	198.C.S.0	199.C.S.0	10.C.S.0	/24
9	199.C.S.0	200.C.S.0	10.C.S.0	/24
10	200.C.S.0	201.C.S.0	10.C.S.0	/24
11	201.C.S.0	202.C.S.0	10.C.S.0	/24
12	202.C.S.0	203.C.S.0	10.C.S.0	/24
13	203.C.S.0	204.C.S.0	10.C.S.0	/24
14	204.C.S.0	205.C.S.0	10.C.S.0	/24
15	205.C.S.0	206.C.S.0	10.C.S.0	/24
16	206.C.S.0	207.C.S.0	10.C.S.0	/24
17	207.C.S.0	208.C.S.0	10.C.S.0	/24
18	208.C.S.0	209.C.S.0	10.C.S.0	/24
19	209.C.S.0	210.C.S.0	10.C.S.0	/24
20	210.C.S.0	211.C.S.0	10.C.S.0	/24

**Примітка:** С (class) – номер аудиторії: для ауд. **107 – 71**, для ауд. **107а – 72**, S (stand) – номер стійки (зазначено зверху стійки).

**УВАГА!** В залежності від години проведення практики значення може змінюватись за вимогою керівника.

## Параметри VLAN та портів комутаторів

№ варіанта	VLAN A	VLAN B	VLAN MGMT	SW1–R (trunk)	Native VLAN
1	10	20	100	trunk/on	A
2	11	21	200	dynamic desirable	B
3	12	22	300	trunk/on	A
4	13	23	400	dynamic desirable	B
5	14	24	500	trunk/on	A
6	15	25	600	trunk/on	B
7	16	26	700	dynamic desirable	A
8	17	27	800	trunk/on	B
9	18	28	900	dynamic desirable	A
10	19	29	110	trunk/on	B
11	30	40	120	dynamic desirable	A
12	31	41	130	trunk/on	B
13	32	42	140	dynamic desirable	A
14	33	43	150	trunk/on	B
15	34	44	160	dynamic desirable	A
16	35	45	170	trunk/on	B
17	36	46	180	dynamic desirable	A
18	37	47	190	trunk/on	B
19	38	48	210	dynamic desirable	A
20	39	49	220	trunk/on	B

## ЗМІСТ ЗВІТУ З ЗАНЯТТЯ

Звіт з заняття повинен містити:

1. Номер, тему та мету заняття.
2. Короткі теоретичні відомості (за власним конспектом, обсягом 2–3 сторінки) з таких питань: віртуальні локальні мережі VLAN, способи організації Inter-VLAN Routing (Legacy та Router-on-a-Stick), транковий протокол 802.1Q, підінтерфейси маршрутизатора, Management VLAN, DHCP у мережі з VLAN.
3. Перелік використаного обладнання та програмного забезпечення.
4. Схему (ФОТО) побудованої мережі з позначенням усіх пристроїв (R\_ПІБ\_1, SW\_ПІБ\_1, SW\_ПІБ\_2, WS\_ПІБ\_1, WS\_ПІБ\_2) та інтерфейсів.
5. Розроблену схему IP-адресації у вигляді табл. 3.1 з конкретними значеннями.
6. Лістинги команд (або скріншоти) з результатами виконання, а саме:
  - створення VLAN та налагодження **access/trunk-портів** на обох комутаторах;
  - налагодження підінтерфейсів (Router-on-a-Stick);
  - налагодження фізичних інтерфейсів (Legacy Inter-VLAN);

- налагодження **DHCP-серверів** для VLAN A та VLAN B;
  - налагодження **SSH** та **VLAN MGMT**;
  - результати **show vlan brief, show interfaces trunk, show ip interface brief**;
  - результати отримання IP-адрес робочими станціями (**ipconfig /all**);
  - результати **show ip dhcp binding**;
  - результати перевірки зв'язку між VLAN (**ping, tracert**);
  - результати підключення через **SSH**;
  - вміст **running-config** усіх пристроїв.
7. Опис проблем, що виникли під час виконання завдання, та шляхи їх усунення.
  8. Висновки по заняттю.

## **ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ**

### *Загальні відомості про VLAN у контексті маршрутизації*

VLAN (Virtual Local Area Network) – це логічне сегментування мережі на рівні комутатора, яке дозволяє об'єднувати порти у групи незалежно від фізичного розташування пристроїв. Кожна VLAN функціонує як окремий ширококомовний домен: broadcast-трафік однієї VLAN не проникає в іншу. Для ідентифікації кадрів стандарт IEEE 802.1Q додає до Ethernet-кадру 4-байтовий тег з полем VLAN ID (12 біт, діапазон 1–4094). Детальний опис структури VLAN та формату кадру IEEE 802.1Q наведено у теоретичних відомостях заняття № 2.

### *Способи організації маршрутизації між VLAN (Inter-VLAN Routing)*

Оскільки кожна VLAN утворює окремий ширококомовний домен з власною IP-підмережею, зв'язок між пристроями різних VLAN вимагає маршрутизації на третьому (мережному) рівні моделі OSI. Комутатор другого рівня ізолює трафік між VLAN на каналному рівні – маршрутизатор або комутатор третього рівня декапсулює кадр IEEE 802.1Q та приймає рішення про пересилання на підставі IP-адреси призначення у таблиці маршрутизації (перевіряється командою **show ip route**). Існують два основних способи організації **Inter-VLAN Routing**.

**1. Legacy Inter-VLAN Routing** – маршрутизатор підключається до комутатора окремим фізичним каналом для кожної VLAN. Кожен інтерфейс маршрутизатора має IP-адресу відповідної підмережі та виконує роль шлюзу за замовчуванням для пристроїв цієї VLAN. Порти комутатора, до яких підключений маршрутизатор, налаштовуються у режимі access для відповідних VLAN. Оскільки комутатор другого рівня не має таблиці маршрутизації, для управлінського трафіку Management VLAN на ньому задається команда **ip default-gateway**.

*Перевага* – простота налаштування (кожен інтерфейс маршрутизатора конфігурується як звичайний Ethernet-інтерфейс без спеціальної інкапсуляції). *Недолік* – потреба у великій кількості фізичних інтерфейсів (по одному на кожен VLAN); метод не масштабується при збільшенні кількості VLAN.

**Приклад налаштування Legacy для двох VLAN (VLAN 10 і VLAN 20):**  
Комутатор – порти у режимі access

```
...  
Switch(config)# interface fa0/1  
Switch(config-if)# switchport mode access  
Switch(config-if)# switchport access vlan 10  
Switch(config-if)#exit  
Switch(config)# interface fa0/2  
Switch(config-if)# switchport mode access  
Switch(config-if)# switchport access vlan 20
```

...  
Маршрутизатор – окремий інтерфейс на кожну VLAN

```
...  
Router(config)# interface fa0/0  
Router(config-if)# ip address 192.168.10.1 255.255.255.0  
Router(config-if)# no shutdown  
Router(config-if)#exit  
Router(config)# interface fa0/1  
Router(config-if)# ip address 192.168.20.1 255.255.255.0  
Router(config-if)# no shutdown
```

...  
**2. Router-on-a-Stick Inter-VLAN Routing** – маршрутизатор підключається до комутатора одним фізичним каналом у режимі **trunk**. На фізичному інтерфейсі маршрутизатора створюються логічні підінтерфейси – по одному на кожну VLAN. Підінтерфейс переходить у стан up/up лише після активації батьківського фізичного інтерфейсу командою no shutdown – без цього жоден підінтерфейс не працюватиме. Маршрутизатор у цьому режимі не є учасником STP і не впливає на вибір кореневого моста.

*Перевага* – один фізичний інтерфейс для будь-якої кількості VLAN.  
*Недолік* – весь міжVLAN-трафік проходить через один trunk-канал, що може стати вузьким місцем при великих обсягах трафіку.

Приклад налаштування Router-on-a-Stick для VLAN 10, 20 та Management VLAN 100:

Комутатор – trunk до маршрутизатора, access до хостів

```
...  
Switch(config)# interface fa0/24  
Switch(config-if)# switchport mode trunk  
Switch(config-if)# switchport trunk native vlan 100  
Switch(config-if)#exit  
Switch(config)# interface fa0/1  
Switch(config-if)# switchport mode access  
Switch(config-if)# switchport access vlan 10  
Switch(config-if)#exit  
Switch(config)# interface fa0/2  
Switch(config-if)# switchport mode access  
SW(config-if)# switchport access vlan 20  
...
```

Маршрутизатор – активація фізичного інтерфейсу (обов'язковий перший крок)

```
...  
Router(config)# interface fa0/0  
Router(config-if)# no shutdown
```

...  
Підінтерфейс для VLAN 10

```
...  
Router(config)# interface fa0/0.10  
Router(config-subif)# encapsulation dot1q 10  
Router(config-subif)# ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
```

...  
Підінтерфейс для VLAN 20

```
...  
Router(config)# interface fa0/0.20  
Router(config-subif)# encapsulation dot1q 20  
Router(config-subif)# ip address 192.168.20.1 255.255.255.0
```

...  
Підінтерфейс для Native VLAN 100 (Management)

```
...  
Router(config)# interface fa0/0.100  
Router(config-subif)# encapsulation dot1q 100 native  
Router(config-subif)# ip address 192.168.100.1 255.255.255.0
```

...  
Порівняльну характеристику обох методів наведено у табл. 3.4.

Таблиця 3.4.

### Порівняння методів Inter-VLAN Routing

Критерій	Legacy	Router-on-a-Stick
Фізичних інтерфейсів	По одному на VLAN	Один для всіх VLAN
Масштабованість	Низька	Середня
Пропускна здатність	Окремий канал на VLAN	Спільний trunk-канал
Участь у STP	Ні	Ні
Складність налаштування	Нижча	Середня
Рекомендується при	2–3 VLAN	До 8–10 VLAN

### *Підінтерфейси маршрутизатора*

**Підінтерфейс** (subinterface) – логічний інтерфейс, створений на базі фізичного Ethernet-інтерфейсу маршрутизатора. Кожен підінтерфейс обслуговує трафік конкретної VLAN і має власну IP-адресу – шлюз за замовчуванням для пристроїв цієї VLAN. Після коректного налаштування підінтерфейс відображається у таблиці маршрутизації як запис типу C (**Connected**) – відсутність такого запису є першою ознакою помилки (перевіряється командою **show ip route**).

Синтаксис створення підінтерфейсу:

```
...  
Router(config)# interface interface-type interface-id.subinterface-id
```

...  
де **subinterface-id** – числовий ідентифікатор підінтерфейсу (рекомендується використовувати номер VLAN для зручності).

Порядок налаштування є обов'язковим: спочатку задається **encapsulation dot1q**, і лише після – **ip address**. Зворотний порядок на деяких версіях IOS повертає помилку.

```
...  
Router(config-subif)# encapsulation dot1q vlan-id native  
Router(config-subif)# ip address ip-address subnet-mask
```

де **vlan-id** – номер VLAN, необов'язковий параметр **native** вказує, що ця VLAN є Native VLAN – її кадри передаються у trunk-каналі без тегу. **Native VLAN** має збігатися між маршрутизатором і комутатором, інакше виникне петля або втрата трафіку.

Стан підінтерфейсів перевіряється командами **show ip interface brief** та **show interfaces interface-id.subinterface-id**.

### *DHCP у мережі з VLAN*

При використанні маршрутизатора як DHCP-сервера кожна VLAN вимагає окремого DHCP-пулу, оскільки кожна VLAN є окремою IP-підмережею. Команда **ip dhcp excluded-address** задається до створення пулу та виключає адреси, призначені статично – шлюзу, DNS-сервера тощо. Значення **default-router** має збігатися з IP-адресою підінтерфейсу маршрутизатора для даної VLAN.

#### **Приклад налаштування DHCP для VLAN 10 і VLAN 20:**

Виключення статичних адрес

```
...  
Router(config)# ip dhcp excluded-address 192.168.10.1 192.168.10.10  
Router(config)# ip dhcp excluded-address 192.168.20.1 192.168.20.10
```

Пул для VLAN 10

```
...  
Router(config)# ip dhcp pool VLAN10  
Router(dhcp-config)# network 192.168.10.0 255.255.255.0  
Router(dhcp-config)# default-router 192.168.10.1  
Router(dhcp-config)# dns-server 8.8.8.8
```

Пул для VLAN 20

```
...  
Router(config)# ip dhcp pool VLAN20  
Router(dhcp-config)# network 192.168.20.0 255.255.255.0  
Router(dhcp-config)# default-router 192.168.20.1  
Router(dhcp-config)# dns-server 8.8.8.8
```

...

## Діагностика та верифікація

Основні команди діагностики представлені у табл. 3.5.

Таблиця 3.5.

### Основні команди діагностики Inter-VLAN Routing

Команда	Призначення
<code>show vlan brief</code>	Список усіх VLAN та портів, що до них належать
<code>show vlan <i>vlan-id</i></code>	Детальна інформація про конкретну VLAN
<code>show interfaces trunk</code>	Стан транкових каналів та дозволені VLAN
<code>show interfaces <i>interface-id</i> switchport</code>	Режим порту (access/trunk), VLAN
<code>show ip interface brief</code>	Короткий статус усіх інтерфейсів та IP-адрес
<code>show ip route</code>	Таблиця маршрутизації
<code>show ip dhcp binding</code>	Видані DHCP-адреси
<code>show ip dhcp pool</code>	Параметри DHCP-пулів
<code>show interfaces <i>interface-id.subinterface-id</i></code>	Стан підінтерфейсу
<code>show ip dhcp conflict</code>	Конфлікти DHCP-адрес (дублювання IP)
<code>show interfaces <i>interface-id</i> status</code>	Стан інтерфейсу: up/down, швидкість, дуплекс

### Рекомендована послідовність перевірки після завершення налаштувань

Для кожної команди показано характерний вивід та пояснення ключових полів.

#### 1. Перевірка VLAN і портів комутатора.

```
Switch# show vlan brief
```

```
VLAN Name                Status    Ports
-----
1    default                 active    Fa0/3, Fa0/4, Fa0/5, Fa0/6
10   STUDENTS                 active    Fa0/1
20   TEACHERS                 active    Fa0/2
100  MANAGEMENT               active
1002 fddi-default             act/unsup
1003 token-ring-default      act/unsup
1004 fddinet-default         act/unsup
1005 trnet-default          act/unsup
```

Усі налаштовані VLAN (10, 20, 100) присутні у таблиці та мають статус **active**. Порти Fa0/1 і Fa0/2 призначені до VLAN 10 і 20 відповідно. VLAN 100 (Management) не має access-портів – це норма, якщо вона використовується лише для управління комутатором. Якщо потрібна VLAN відсутня у списку – вона не була створена командою **vlan *vlan-id*** або порт не додано до неї.

#### 2. Перевірка trunk-каналу.

```
Switch# show interfaces trunk
```

```
Port      Mode          Encapsulation  Status        Native vlan
Fa0/24    on            802.1q         trunking      100
Port      Vlans allowed on trunk
Fa0/24    1-4094
Port      Vlans allowed and active in management domain
Fa0/24    1,10,20,100
Port      Vlans in spanning tree forwarding state and not pruned
Fa0/24    1,10,20,100
```

Порт Fa0/24 знаходиться у стані **trunking**, інкапсуляція **802.1q**. Native VLAN – 100, що відповідає налаштуванням маршрутизатора. У рядку **Vlans allowed and active** присутні всі три робочі VLAN (10, 20, 100) – це підтверджує,

що вони створені на комутаторі і пропускаються через trunk. Якщо якоїсь VLAN немає у цьому рядку – вона не була створена на комутаторі, навіть якщо налаштована на маршрутизаторі.

### 3. Перевірка підінтерфейсів маршрутизатора.

```
Router# show ip interface brief
Interface          IP-Address      OK? Method Status Protocol
FastEthernet0/0    unassigned      YES unset  up       up
FastEthernet0/0.10 192.168.10.1    YES manual  up       up
FastEthernet0/0.20 192.168.20.1    YES manual  up       up
FastEthernet0/0.100 192.168.100.1   YES manual  up       up
```

Фізичний інтерфейс Fa0/0 – **up/up** без IP-адреси (норма для Router-on-a-Stick). Усі три підінтерфейси – **up/up** з правильними IP-адресами. Якщо підінтерфейс down/down – батьківський інтерфейс Fa0/0 не активований (**no shutdown**). Якщо **up/down** – проблема на каналному рівні: перевірити encapsulation dot1q на підінтерфейсі та режим **trunk** на комутаторі.

### 4. Перевірка таблиці маршрутизації.

```
Router# show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, ...
Gateway of last resort is not set
  192.168.10.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.10.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0.10
L       192.168.10.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0.10
  192.168.20.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.20.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0.20
L       192.168.20.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0.20
  192.168.100.0/24 is variably subnetted, 2 subnets, 2 masks
C       192.168.100.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0.100
L       192.168.100.1/32 is directly connected, FastEthernet0/0.100
```

Для кожного підінтерфейсу присутній запис **C** (Connected) – підмережа безпосередньо підключена. Запис **L** (Local) – адреса самого інтерфейсу маршрутизатора. Наявність усіх трьох записів **C** підтверджує коректне налаштування Inter-VLAN Routing. Відсутній запис **C** для якоїсь VLAN означає, що відповідний підінтерфейс не отримав IP-адресу або перебуває у стані **down**.

### 5. Перевірка DHCP.

```
Router# show ip dhcp pool

Pool VLAN10 :
  Utilization mark (high/low)      : 100 / 0
  Subnet size (first/next)          : 0 / 0
  Total addresses                    : 254
  Leased addresses                   : 2
  Pending event                      : none
  1 subnet is currently in the context :
    subnet : 192.168.10.0  mask : 255.255.255.0
      Leased addresses : 2
      Excluded addresses: 10
      Pending event    : none
Pool VLAN20 :
  Utilization mark (high/low)      : 100 / 0
  Total addresses                    : 254
  Leased addresses                   : 1
    subnet : 192.168.20.0  mask : 255.255.255.0
      Leased addresses : 1
      Excluded addresses: 10
```

Поле **Leased addresses** показує кількість виданих адрес у кожному пулі. Якщо **Leased addresses: 0** при наявності активних клієнтів – DHCP-запити не

доходять до маршрутизатора: перевірити **default-router** у пулі та стан підінтерфейсу.

```
Router# show ip dhcp binding
Bindings from all pools not associated with VRF:
IP address          Client-ID/          Lease expiration    Type
                   Hardware address/
                   User name
192.168.10.11       0100.50ab.cd12.34   Mar 01 2026 09:15 AM Automatic
192.168.10.12       0100.50ab.cd56.78   Mar 01 2026 09:22 AM Automatic
192.168.20.11       0100.50ab.efgh.90   Mar 01 2026 09:18 AM Automatic
```

Таблиця видає: IP-адреса, MAC-адреса клієнта та час закінчення оренди. Порожня таблиця при наявності клієнтів у мережі – DHCP не працює: перевірити **encapsulation dot1q** на підінтерфейсах та відповідність підмереж у пулах.

```
Router# show ip dhcp conflict
```

```
IP address          Detection method    Detection time       VRF
192.168.10.15       Gratuitous ARP      Mar 01 2026 08:45 AM
```

Адреса **192.168.10.15** виявлена як конфліктна (два пристрої мають однакову IP). Маршрутизатор автоматично виключає конфліктні адреси з пулу. Для вирішення конфлікту: усунути статичне призначення адреси на клієнті, потім очистити запис командою **clear ip dhcp conflict 192.168.10.15** або **clear ip dhcp conflict \***.

## 6. Перевірка стану інтерфейсів

```
Router# show interfaces fastEthernet 0/0.10
```

```
FastEthernet0/0.10 is up, line protocol is up
Hardware is Fast Ethernet, address is 0050.ab12.3456
Internet address is 192.168.10.1/24
Encapsulation 802.1Q Virtual LAN, Vlan ID 10.
ARP type: ARPA, ARP Timeout 04:00:00
...
5 minute input rate 1000 bits/sec, 2 packets/sec
5 minute output rate 500 bits/sec, 1 packets/sec
1523 packets input, 182760 bytes
1204 packets output, 144480 bytes
```

Рядок **Encapsulation 802.1Q Virtual LAN, Vlan ID 10** підтверджує правильну інкапсуляцію. Лічильники **packets input/output** показують наявність трафіку – нулі при активних клієнтах вказують на проблему з доставкою кадрів.

```
Switch# show interfaces fastEthernet 0/24 status
```

```
Port      Name              Status      Vlan      Duplex  Speed  Type
Fa0/24                      connected   trunk     a-full   a-100  10/100BaseTX
```

Статус **connected**, режим **trunk**, швидкість та дуплекс узгоджені автоматично (**a-full, a-100**). Якщо **notconnect** – фізична проблема з кабелем або SFP. Якщо **err-disabled** – спрацював захист (PortFast, BPDU Guard або port security).

## *Типові помилки при налагодженні Inter-VLAN Routing*

1. **Підінтерфейс створено, але не активований батьківський фізичний інтерфейс.** Підінтерфейси (Fa0/0.10, Fa0/0.20, ...) не можуть мати стан up/up, якщо батьківський фізичний інтерфейс (Fa0/0) – у стані shutdown. Помилка часто виникає при копіюванні конфігурації, коли забувають виконати **no shutdown** на фізичному інтерфейсі. Перевірити командою **show ip interface brief** – фізичний інтерфейс повинен мати стан up/up без призначеної IP-адреси.

2. **Невірний VLAN-ID у команді encapsulation.** Команда **encapsulation dot1q vlan-id** на підінтерфейсі задає, для якої VLAN буде маршрутизуватися трафік. Якщо тут вказано неіснуючий або некоректний VLAN-ID – пакети цієї VLAN не маршрутизуватимуться. VLAN-ID повинен збігатися з тим, що налагоджений на комутаторі.

3. **Native VLAN на підінтерфейсі.** За замовчуванням кадри Native VLAN передаються транком БЕЗ тегу. Тому на підінтерфейсі, що відповідає Native VLAN, потрібно додати ключове слово **native** у команді **encapsulation dot1q vlan-id native**. Без цього маршрутизатор очікує тегований трафік, а отримує нетегований – і відкидає його. Якщо Native VLAN не використовується для маршрутизації, цю проблему можна обійти, видаливши Native VLAN з allowed-списку транка.

4. **Trunk на комутаторі, але access на маршрутизаторі (або навпаки).** Для Router-on-a-Stick порт комутатора, до якого підключений маршрутизатор, обов'язково повинен бути у режимі **trunk** (не **access**). Інакше маршрутизатор отримуватиме тільки кадри однієї VLAN, без тегів. Помилка часто проявляється так: одна VLAN маршрутизується, а інші – ні.

5. **Шлюз за замовчуванням не налагоджений на робочих станціях.** Робочі станції повинні мати шлюзом за замовчуванням IP-адресу свого підінтерфейсу маршрутизатора (наприклад, для VLAN 10 з мережею 192.168.10.0/24 – це 192.168.10.1). Якщо шлюз не задано або задано невірно – пакети не виходять за межі підмережі. Перевіряти на робочій станції командою **ipconfig** (Windows) або **ip route show** (Linux).

6. **Невірне налагодження DHCP-relay при централізованому DHCP-сервері.** Якщо DHCP-сервер знаходиться поза підмережею клієнта (наприклад, у management-VLAN), на підінтерфейсі маршрутизатора у клієнтській VLAN потрібно налаштувати **ip helper-address server-ip**. Без цього DHCP-широкомовлення не пересилається через маршрутизатор і клієнти не отримують IP-адресу. Якщо клієнти отримують адресу від «чужого» DHCP – перевірити, чи немає у мережі rogue-DHCP-сервера.

7. **Inter-VLAN не працює через помилки subnet-mask на підінтерфейсі.** Якщо на підінтерфейсі задана IP-адреса з іншою маскою, ніж у клієнтів VLAN – пакети до клієнта формально йдуть у іншу підмережу, маршрутизатор не може їх доставити. Усі IP-адреси в одній VLAN (інтерфейс маршрутизатора + клієнти) повинні бути в одній підмережі з однаковою маскою.

8. **При використанні Legacy Inter-VLAN маршрутизатор не має достатньо фізичних інтерфейсів.** Метод Legacy вимагає по одному фізичному інтерфейсу маршрутизатора на кожну VLAN, що маршрутизується. Якщо VLAN більше, ніж інтерфейсів, частина VLAN не маршрутизується. Це і є основна причина переходу на Router-on-a-Stick. Для масштабних мереж (багато VLAN) Legacy-метод не підходить.

## КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Що таке віртуальна локальна мережа (VLAN)? Які основні переваги надає використання VLAN у комутованій мережі?
2. Чому для забезпечення зв'язку між пристроями різних VLAN необхідний маршрутизатор або комутатор третього рівня?
3. Чим відрізняється режим порту access від режиму trunk? Які команди використовуються для налагодження кожного з режимів?
4. Що таке транковий протокол IEEE 802.1Q? Як він забезпечує передачу трафіку декількох VLAN по одному фізичному каналу?
5. Що таке Native VLAN? Чому з мІРкувань безпеки рекомендується змінювати Native VLAN з VLAN 1 на іншу?
6. Опишіть спосіб Legacy Inter-VLAN Routing. Які його переваги та недоліки?
7. Опишіть спосіб Router-on-a-Stick Inter-VLAN Routing. Які його переваги та недоліки?
8. Що таке підінтерфейс маршрутизатора? Якими командами він створюється та налагоджується?
9. Яке призначення команди encapsulation dot1q vlan-id? На якому рівні моделі OSI вона працює?
10. Що таке Management VLAN? Чому для керування рекомендується виділяти окрему VLAN?
11. Як налаштувати IP-адресу для керування на комутаторі Cisco за допомогою інтерфейсу Management VLAN?
12. Як налаштувати DHCP-сервер на маршрутизаторі Cisco для декількох VLAN? Чому для кожної VLAN створюється окремий пул?
13. Якими командами show можна перевірити стан VLAN, транкових каналів та підінтерфейсів?
14. Що відбувається з кадром Ethernet при його переході через транковий канал 802.1Q? Як маршрутизатор визначає, до якої VLAN належить кадр?
15. Як забезпечити доступ через SSH до комутатора лише через Management VLAN?