

Отчёт по лабораторной работе 6

Адресация IPv4 и IPv6. Двойной стек

Метвалли Ахмед Фарг Набеех

Содержание

1 Цель работы	5
2 Выполнение	6
2.1 Настройка сети с двойным стеком IPv4/IPv6 в GNS3	6
2.1.1 Построение топологии и подготовка проекта	6
2.1.2 Настройка IPv4 на PC1, PC2 и Server	7
2.1.3 Настройка IPv4 на маршрутизаторе FRR	9
2.1.4 Проверка сетевой связности	11
2.2 Настройка адресации IPv6 и проверка работы Dual Stack	12
2.2.1 IPv6 на узлах PC3, PC4 и Server	12
2.2.2 Конфигурация маршрутизатора VyOS (msk-ahmedfarg-gw-02)	14
2.2.3 Проверка доступности по IPv6	15
2.2.4 Разделение доменов IPv4 и IPv6	17
2.2.5 Анализ захваченного трафика на линке «Server ↔ коммутатор»	17
2.3 Задание для самостоятельного выполнения	20
2.3.1 Характеристика подсетей	21
2.3.2 Таблица адресации	21
2.3.3 Настройка IP на маршрутизаторе и хостах	22
2.3.4 Проверка связности	23
3 Заключение	25

Список иллюстраций

2.1 Топология сети	6
2.2 PC1 – конфигурация	7
2.3 PC2 – конфигурация	8
2.4 Server – конфигурация	9
2.5 Конфигурация интерфейсов	10
2.6 Ping и trace на PC1	11
2.7 Ping на PC2	12
2.8 VyOS – ввод команд конфигурации	15
2.9 Wireshark – ARP и ICMPv4	18
2.10 Wireshark – ICMPv4 кадр детально	19
2.11 Wireshark – ICMPv6 и RA	20
2.12 Топология сети	20
2.13 PC1 – ping/trace v4 и v6	24

Список таблиц

1 Цель работы

Изучение принципов распределения и настройки адресного пространства на устройствах сети.

2 Выполнение

2.1 Настройка сети с двойным стеком IPv4/IPv6 в GNS3

2.1.1 Построение топологии и подготовка проекта

1. Запущено приложение GNS3 и создан новый проект.

На рабочей области размещена топология, включающая маршрутизаторы **msk-ahmedfarg-gw-01**, **msk-ahmedfarg-gw-02**, коммутаторы, узлы **PC1**, **PC2**, **Server**.

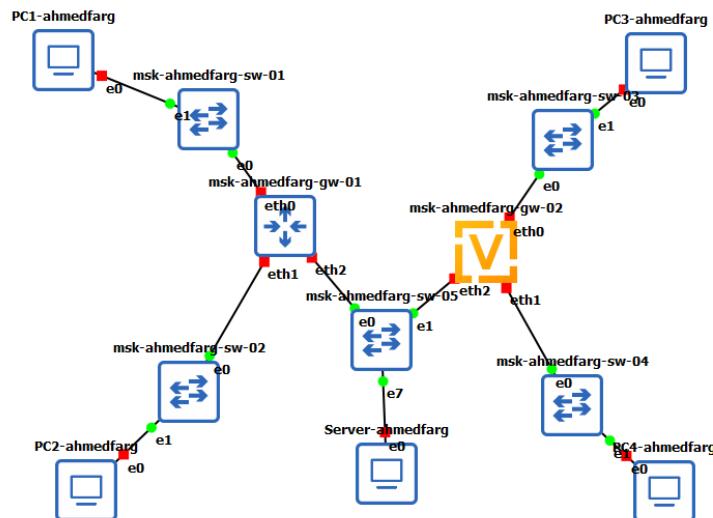


Рис. 2.1: Топология сети

2. Устройствам присвоены имена согласно шаблону:

- коммутаторы: **msk-ahmedfarg-sw-0x**

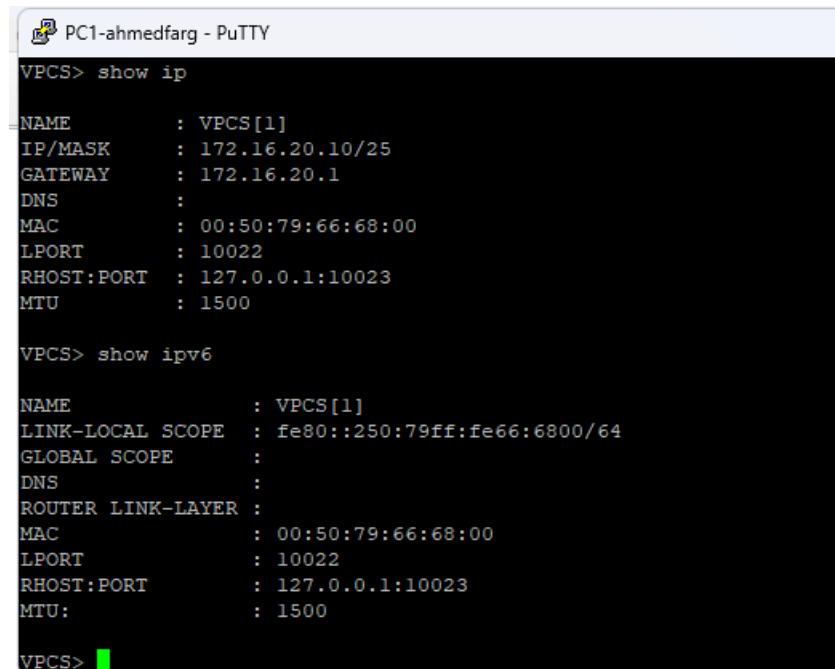
- маршрутизаторы: msk-ahmedfarg-gw-0x
 - VPCS: PCx-ahmedfarg
3. Между сервером и ближайшим коммутатором включён захват трафика.

2.1.2 Настройка IPv4 на PC1, PC2 и Server

1. На **PC1** задан адрес и шлюз по умолчанию:

```
ip 172.16.20.10/25 172.16.20.1 → save
```

Просмотр конфигурации IPv4 и IPv6 выполнен командами `show ip` и `show ipv6`.



```
PC1-ahmedfarg - PuTTY
VPCS> show ip

NAME      : VPCS[1]
IP/MASK   : 172.16.20.10/25
GATEWAY   : 172.16.20.1
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 10022
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10023
MTU       : 1500

VPCS> show ipv6

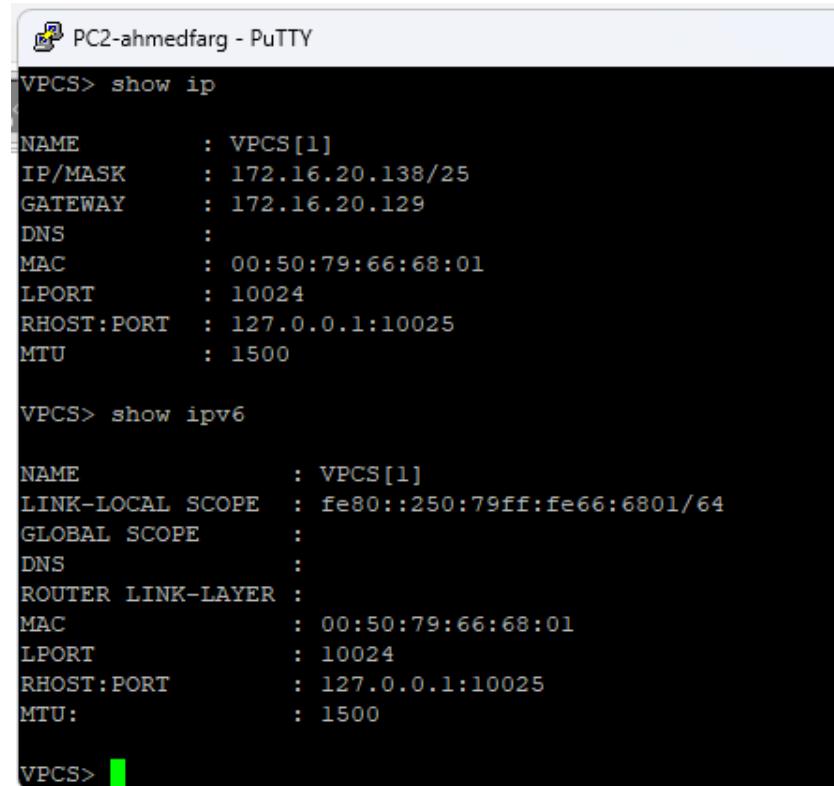
NAME      : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6800/64
GLOBAL SCOPE   :
DNS       :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 10022
RHOST:PORT   : 127.0.0.1:10023
MTU       : 1500

VPCS>
```

Рис. 2.2: PC1 – конфигурация

2. На **PC2** выполнена аналогичная настройка:

```
ip 172.16.20.138/25 172.16.20.129 → save
```



PC2-ahmedfarg - PuTTY

```
VPCS> show ip
NAME          : VPCS[1]
IP/MASK       : 172.16.20.138/25
GATEWAY      : 172.16.20.129
DNS           :
MAC           : 00:50:79:66:68:01
LPORT          : 10024
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:10025
MTU           : 1500

VPCS> show ipv6
NAME          : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE   :
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:01
LPORT          : 10024
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:10025
MTU           : 1500

VPCS>
```

Рис. 2.3: PC2 – конфигурация

3. На **Server** настроен IPv4-адрес:

ip 64.100.1.10/24 64.100.1.1 → save

```
VPCS> show ip

NAME      : VPCS[1]
IP/MASK   : 64.100.1.10/24
GATEWAY   : 64.100.1.1
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:04
LPORT     : 10028
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10029
MTU       : 1500

VPCS> show ipv6

NAME          : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6804/64
GLOBAL SCOPE   :
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:04
LPORT         : 10028
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:10029
MTU           : 1500

VPCS>
```

Рис. 2.4: Server – конфигурация

2.1.3 Настройка IPv4 на маршрутизаторе FRR

1. На маршрутизаторе **msk-ahmedfarg-gw-01** выполнено присвоение IP-адресов интерфейсам:

- интерфейс `eth0` → `172.16.20.1/25`
- интерфейс `eth1` → `172.16.20.129/25`
- интерфейс `eth2` → `64.100.1.1/24`

Конфигурация сохранена командой `write memory`.

```

msk-ahmedfarg-gw-01# configure terminal
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-ahmedfarg-gw-01# interface eth0
msk-ahmedfarg-gw-01(config-if)# ip address 172.16.20.1/25
msk-ahmedfarg-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-ahmedfarg-gw-01(config-if)# exit
msk-ahmedfarg-gw-01# interface eth1
msk-ahmedfarg-gw-01(config-if)# ip address 172.16.20.129/25
msk-ahmedfarg-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-ahmedfarg-gw-01(config-if)# exit
msk-ahmedfarg-gw-01# interface eth2
msk-ahmedfarg-gw-01(config-if)# ip address 64.100.1.1/24
msk-ahmedfarg-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-ahmedfarg-gw-01(config-if)# exit
msk-ahmedfarg-gw-01# exit
msk-ahmedfarg-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-ahmedfarg-gw-01#

```

Рис. 2.5: Конфигурация интерфейсов

2. Проверен вывод текущей конфигурации (`show running-config`) и состояния интерфейсов (`show interface brief`):

```

Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-ahmedfarg-gw-01
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
  ip address 172.16.20.1/25
exit
!
interface eth1
  ip address 172.16.20.129/25
exit
!
interface eth2
  ip address 64.100.1.1/24
exit
!
end
msk-ahmedfarg-gw-01#

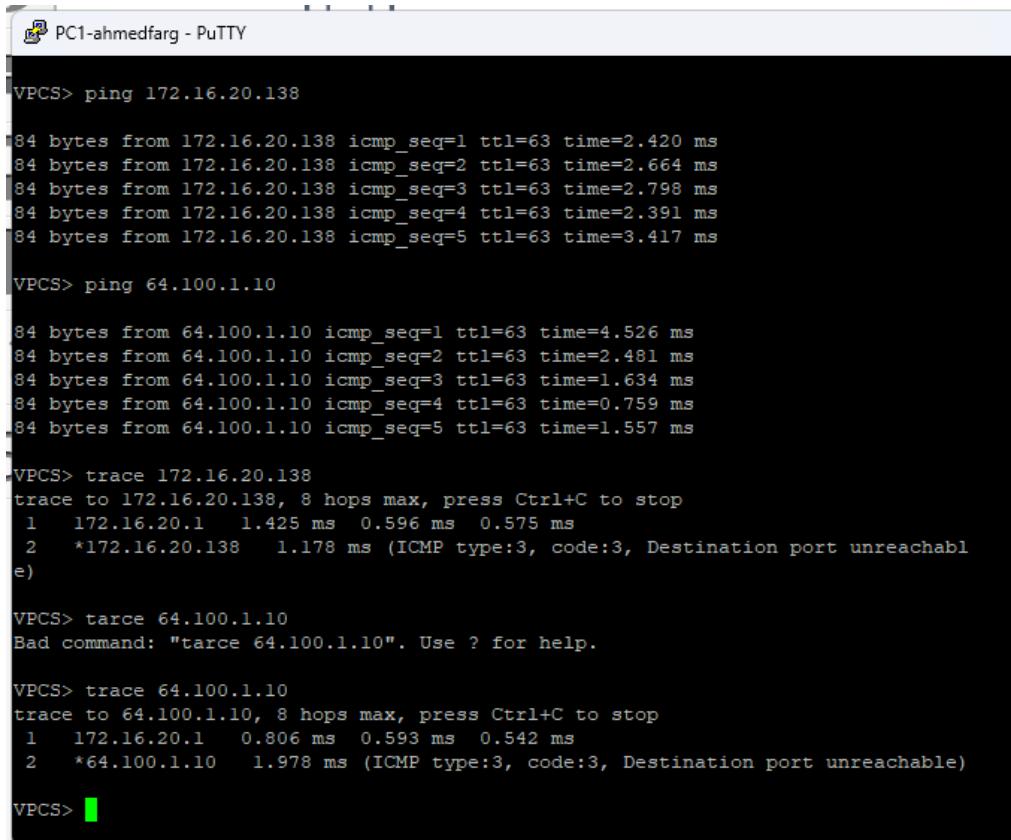
```

Interface	Status	VRF	Address
eth0	up	default	172.16
eth1	up	default	172.16
eth2	up	default	64.100
eth3	down	default	
eth4	down	default	
eth5	down	default	
eth6	down	default	
eth7	down	default	
lo	up	default	
pimreg	up	default	

2.1.4 Проверка сетевой связности

1. На **PC1** выполнены проверки:

- ping до PC2
- ping до сервера
- trace до обоих узлов



```
VPCS> ping 172.16.20.138
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=63 time=2.420 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=63 time=2.664 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=3 ttl=63 time=2.798 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=4 ttl=63 time=2.391 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=5 ttl=63 time=3.417 ms

VPCS> ping 64.100.1.10
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=4.526 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=2.481 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=1.634 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=0.759 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.557 ms

VPCS> trace 172.16.20.138
trace to 172.16.20.138, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  172.16.20.1    1.425 ms  0.596 ms  0.575 ms
 2  *172.16.20.138   1.178 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS> tarce 64.100.1.10
Bad command: "tarce 64.100.1.10". Use ? for help.

VPCS> trace 64.100.1.10
trace to 64.100.1.10, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  172.16.20.1    0.806 ms  0.593 ms  0.542 ms
 2  *64.100.1.10    1.978 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)
```

Рис. 2.6: Ping и trace на PC1

2. **PC2** также успешно отправляет эхо-запросы на PC1 и сервер:

```
ping 172.16.20.10

84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=1.452 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.513 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=1.395 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=2.281 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.364 ms

VPCS> ping 64.100.1.10

84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=1.537 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.668 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=1.494 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=1.760 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.592 ms

VPCS>
```

Рис. 2.7: Ping на PC2

2.2 Настройка адресации IPv6 и проверка работы Dual Stack

2.2.1 IPv6 на узлах PC3, PC4 и Server

1. Назначение адресов:

- **PC3** – 2001:db8:c0de:12::a/64
- **PC4** – 2001:db8:c0de:13::a/64
- **Server** – 2001:db8:c0de:11::a/64

2. Просмотр конфигурации:

- **PC3**: show ip, show ipv6

VPCS> show ip

NAME	:	VPCS[1]
IP/MASK	:	0.0.0.0/0
GATEWAY	:	0.0.0.0
DNS	:	
MAC	:	00:50:79:66:68:02
LPORT	:	10026
RHOST:PORT	:	127.0.0.1:10027
MTU	:	1500

VPCS> show ipv6

NAME	:	VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE	:	fe80::250:79ff:fe66:6802/64
GLOBAL SCOPE	:	2001:db8:c0de:12::a/64
DNS	:	
ROUTER LINK-LAYER	:	
MAC	:	00:50:79:66:68:02
LPORT	:	10026
RHOST:PORT	:	127.0.0.1:10027
MTU:	:	1500

VPCS>

- **PC4:** show ip, show ipv6

VPCS> show ip

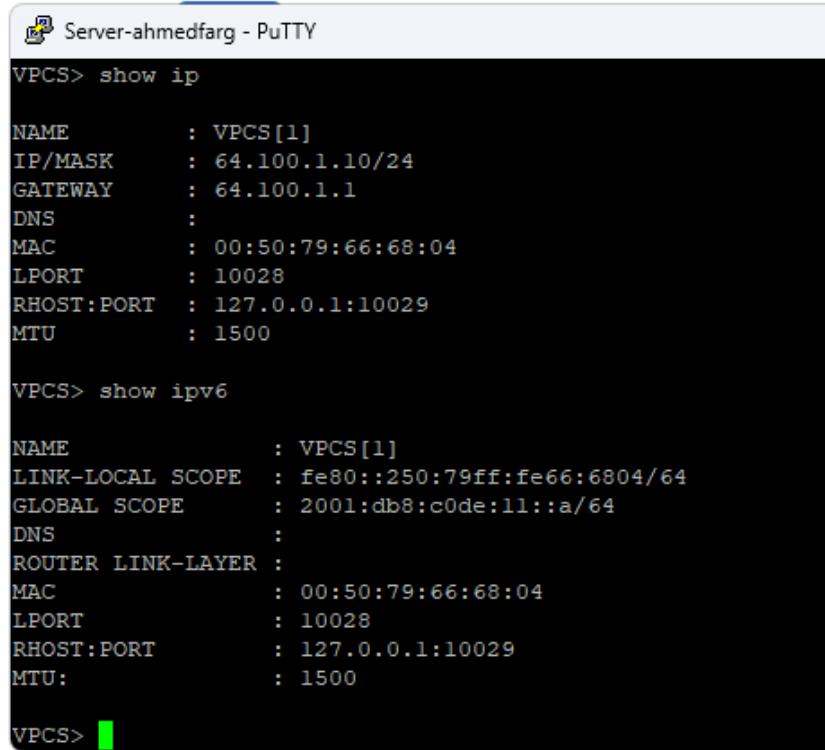
NAME	:	VPCS[1]
IP/MASK	:	0.0.0.0/0
GATEWAY	:	0.0.0.0
DNS	:	
MAC	:	00:50:79:66:68:03
LPORT	:	10030
RHOST:PORT	:	127.0.0.1:10031
MTU	:	1500

VPCS> show ipv6

NAME	:	VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE	:	fe80::250:79ff:fe66:6803/64
GLOBAL SCOPE	:	2001:db8:c0de:13::a/64
DNS	:	
ROUTER LINK-LAYER	:	
MAC	:	00:50:79:66:68:03
LPORT	:	10030
RHOST:PORT	:	127.0.0.1:10031
MTU:	:	1500

VPCS>

- **Server:** show ip, show ipv6



Server-ahmedfarg - PuTTY

```
VPCS> show ip

NAME      : VPCS[1]
IP/MASK   : 64.100.1.10/24
GATEWAY   : 64.100.1.1
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:04
LPORT     : 10028
RHOST:PORT: 127.0.0.1:10029
MTU       : 1500

VPCS> show ipv6

NAME      : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6804/64
GLOBAL SCOPE    : 2001:db8:c0de:11::a/64
DNS       :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC       : 00:50:79:66:68:04
LPORT     : 10028
RHOST:PORT: 127.0.0.1:10029
MTU:      : 1500

VPCS>
```

2.2.2 Конфигурация маршрутизатора VyOS

(msk-ahmedfarg-gw-02)

1. Установка образа выполнена через диалог `install image` и перезагрузка устройства.
2. Установлено имя хоста `msk-user-gw-02` (в работе использовано имя `msk-ahmedfarg-gw-02`).
3. Назначены IPv6-адреса интерфейсам и включены RA:
 - `eth0` → `2001:db8:c0de:12::1/64`, анонс префикса `2001:db8:c0de:12::/64`
 - `eth1` → `2001:db8:c0de:13::1/64`, анонс префикса `2001:db8:c0de:13::/64`
 - `eth2` → `2001:db8:c0de:11::1/64`, анонс префикса `2001:db8:c0de:11::/64`

```
:a/64
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-02# set service router-advert interface eth0 prefix 2001:
db8:c0de:12::/64
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-02# delete interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:c0de:
12::a/64
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-02# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:c0de:12:
:1/64
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-02# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:c0de:13:
:1/64
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-02# set service router-advert interface eth1 prefix 2001:
db8:c0de:13::/64
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-02# set interfaces ethernet eth2 address 2001:db8:c0de:11:
:1/64
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-02# set service router-advert interface eth2 prefix 2001:
db8:c0de:11::/64
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-02#
```

Рис. 2.8: VyOS – ввод команд конфигурации

4. Фиксация и сохранение конфигурации, проверка параметров интерфейсов:

```
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-02# commit
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-02# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-02# show interfaces
ethernet eth0 {
    address 2001:db8:c0de:12::1/64
    hw-id 0c:71:03:bb:00:00
}
ethernet eth1 {
    address 2001:db8:c0de:13::1/64
    hw-id 0c:71:03:bb:00:01
}
ethernet eth2 {
    address 2001:db8:c0de:11::1/64
    hw-id 0c:71:03:bb:00:02
}
loopback lo {
}
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-02#
```

2.2.3 Проверка доступности по IPv6

1. PC3:

- ping до 2001:db8:c0de:13::a (PC4) — успешно

- ping до 2001:db8:c0de:11::a (Server) – успешно

```
VPCS> ping 172.16.20.10
host (172.16.20.10) not reachable

VPCS> ping 2001:db8:c0de:13::a

2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=6.594 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=2.450 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=2.873 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=2.056 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=2.443 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:11::a

2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=3.532 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=2.672 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=1.959 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=3.403 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.943 ms

VPCS>
```

2. Server:

- ping до 172.16.20.10 (PC1 по IPv4) – успешно

- ping до 2001:db8:c0de:13::a (PC4 по IPv6) – успешно

```
VPCS> ping 172.16.20.10
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=4.039 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.754 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=1.799 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=2.786 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.131 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:13::a

2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=2.028 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=1.611 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=3.577 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=2.758 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=3.199 ms

VPCS>
```

2.2.4 Разделение доменов IPv4 и IPv6

- Узлы только с IPv6 (**PC3, PC4**) не достигают узлов только с IPv4 (**PC1, PC2**), что подтверждает отсутствие межстековой маршрутизации без Dual Stack.
- Сервер двойного стека (**Server**) успешно общается с обеими подсетями: по IPv4 – с 172.16.20.0/25, по IPv6 – с 2001:db8:c0de::/48.

2.2.5 Анализ захваченного трафика на линке «Server ↔ коммутатор»

1. ARP (IPv4)

В кадрах ARP видны:

- MAC-адрес отправителя (например, MAC маршрутизатора/сервера)
- IPv4-адрес отправителя (64.100.1.1 или 64.100.1.10)
- Запрашиваемый IPv4-адрес назначения (кто «имеет» 64.100.1.10)
Это позволяет определить соответствие IP↔MAC в подсети и увидеть, кто инициирует разрешение адресов.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length info
14	21.929358	0c:10:b3:9d:00:02	Private_66:68:04	ARP	60 64.100.1.1 is at 0c:10:b3:9d:00:02
15	21.931056	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x5112, seq=1/256, ttl=64 (reply in 16)
16	21.934742	172.16.20.10	64.100.1.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x5112, seq=1/256, ttl=63 (request in 15)
17	22.936453	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x5212, seq=2/512, ttl=64 (reply in 18)
18	22.937814	172.16.20.10	64.100.1.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x5212, seq=2/512, ttl=63 (request in 17)
19	23.938990	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x5312, seq=3/768, ttl=64 (reply in 20)
20	23.940442	172.16.20.10	64.100.1.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x5312, seq=3/768, ttl=63 (request in 19)
21	24.942159	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x5412, seq=4/1024, ttl=64 (reply in 22)
22	24.944395	172.16.20.10	64.100.1.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x5412, seq=4/1024, ttl=63 (request in 21)
23	25.946384	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x5512, seq=5/1280, ttl=64 (reply in 24)
24	25.948195	172.16.20.10	64.100.1.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x5512, seq=5/1280, ttl=63 (request in 23)
25	26.978516	0c:10:b3:9d:00:02	Private_66:68:04	ARP	60 Who has 64.100.1.10? Tell 64.100.1.1
26	26.979004	Private_66:68:04	0c:10:b3:9d:00:02	ARP	60 64.100.1.10 is at 00:50:79:66:68:04
27	37.496276	2001:db8:c0de:11::a	2001:db8:c0de:13::a	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x6112, seq=1, hop limit=64 (reply in 28)

Frame 25: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits) on interface -, id 0

Ethernet II, Src: 0c:10:b3:9d:00:02 (0c:10:b3:9d:00:02), Dst: Private_66:68:04 (00:50:79:66:68:04)

Source: 0c:10:b3:9d:00:02 (0c:10:b3:9d:00:02)

Type: ARP (0x0806)

[Stream index: 3]

Padding: 00000000000000000000000000000000

Address Resolution Protocol (request)

Hardware type: Ethernet (1)

Protocol type: IPv4 (0x0800)

Hardware size: 6

Protocol size: 4

Opcode: request (1)

Sender MAC address: 0c:10:b3:9d:00:02 (0c:10:b3:9d:00:02)

Sender IP address: 64.100.1.1

Target MAC address: 00:00:00:00:00:00 (00:00:00:00:00:00)

Target IP address: 64.100.1.10

Рис. 2.9: Wireshark – ARP и ICMPv4

2. ICMP (IPv4)

Для эхо-запросов/ответов отображаются:

- Пара IP-адресов источника/назначения ($64.100.1.10 \leftrightarrow 172.16.20.10$)
- Поля ICMP (тип/код), идентификатор, номер последовательности
- TTL/Time to live на уровне IP

Эти данные подтверждают успешную маршрутизацию между подсетями IPv4 и позволяют оценить задержку/путь.

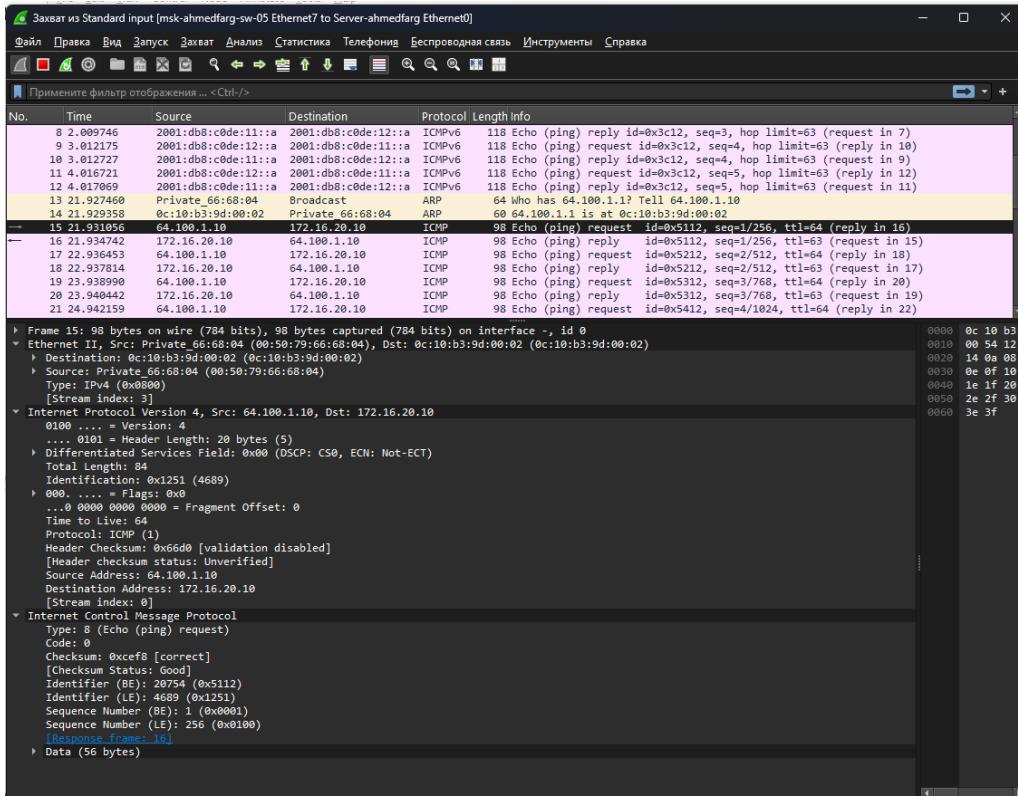


Рис. 2.10: Wireshark – ICMPv4 кадр детально

3. ICMPv6 (IPv6)

В захвате видно:

- Источник/назначение IPv6 (например, 2001:db8:c0de:12::1a → 2001:db8:c0de:11::a)
- Поля ICMPv6 (Echo Request/Reply), «Hop Limit» (аналог TTL)
- Наличие **Router Advertisement** от VyOS, что подтверждает рассылку префиксов и автоконфигурацию SLAAC Эти пакеты позволяют убедиться в корректной работе IPv6-сегмента, RA и эхо-обмене между узлами.

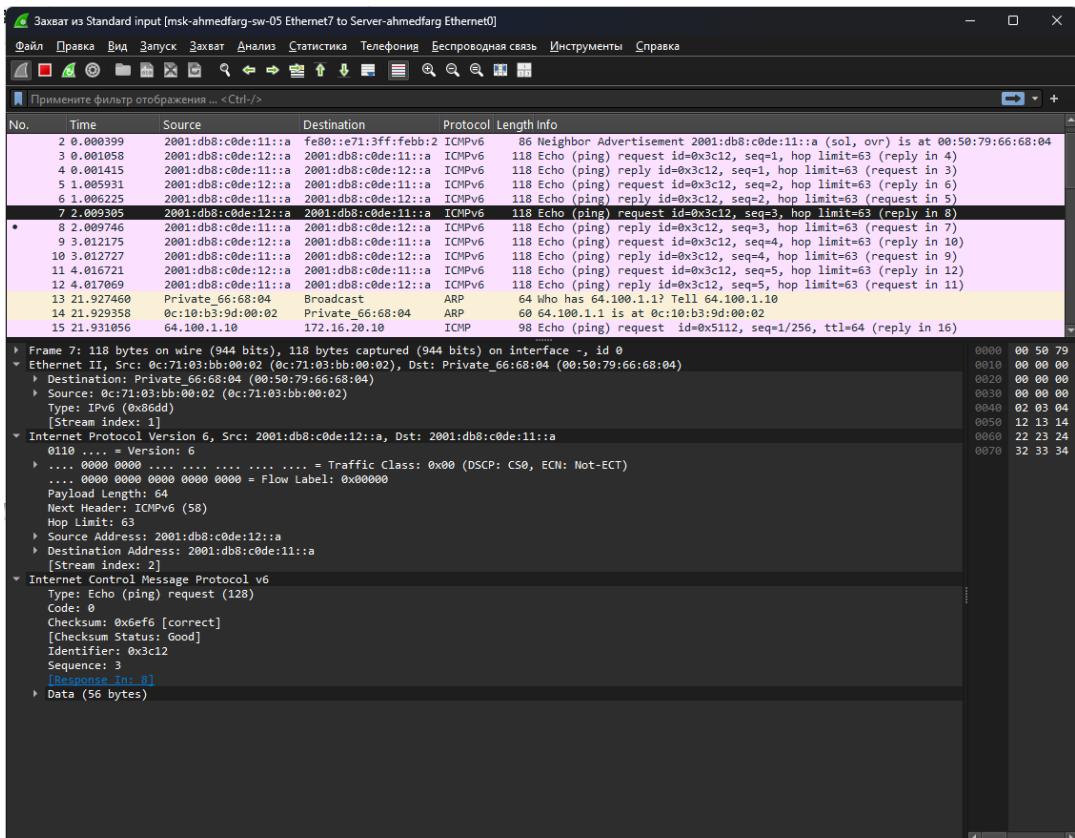


Рис. 2.11: Wireshark – ICMPv6 и RA

2.3 Задание для самостоятельного выполнения

Топология с двумя локальными подсетями и маршрутизатором VyOS, разделяющим сегменты IPv4 и IPv6.

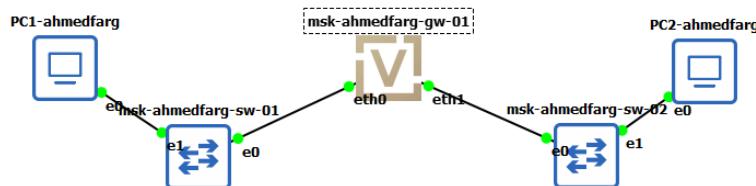


Рис. 2.12: Топология сети

2.3.1 Характеристика подсетей

IPv4 - **Подсеть 1:** 10.10.1.96/27

Диапазон хостов: 10.10.1.97–10.10.1.126, широковещательный: 10.10.1.127, минимальный адрес (шлюз): 10.10.1.97. - **Подсеть 2:** 10.10.1.16/28

Диапазон хостов: 10.10.1.17–10.10.1.30, широковещательный: 10.10.1.31, минимальный адрес (шлюз): 10.10.1.17.

IPv6 - **Подсеть 1:** 2001:db8:1:1::/64

Хосты: 2001:db8:1:1::1 – 2001:db8:1:1:ffff:ffff:ffff:ffff, минимальный адрес (маршрутизатор): 2001:db8:1:1::1. - **Подсеть 2:** 2001:db8:1:4::/64

Хосты: 2001:db8:1:4::1 – 2001:db8:1:4:ffff:ffff:ffff:ffff, минимальный адрес (маршрутизатор): 2001:db8:1:4::1.

2.3.2 Таблица адресации

Устройство	Интерфейс	IPv4/Mask	Шлюз IPv4	IPv6/Prefix	Примечание
msk-ahmedfarg-gw-01	eth0	10.10.1.97/27	—	2001:db8:1:1::1/64	Подсеть 1
msk-ahmedfarg-gw-01	eth1	10.10.1.17/28	—	2001:db8:1:4::1/64	Подсеть 2
PC1-ahmedfarg	e0	10.10.1.100/27	10.10.1.97	2001:db8:1:1::X/64	в подсети 1
PC2-ahmedfarg	e0	10.10.1.20/28	10.10.1.17	2001:db8:1:4::X/64	в подсети 2

Скриншоты подтверждения настроек хостов: - PC1: show ip, show ipv6 →

```
PC1-ahmedfarg - PuTTY
VPCS> show ip

NAME      : VPCS[1]
IP/MASK   : 10.10.1.100/27
GATEWAY   : 10.10.1.97
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 10010
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10011
MTU       : 1500

VPCS> show ipv6

NAME      : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6800/64
GLOBAL SCOPE    : 2001:db8:1:1::a/64
DNS       :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 10010
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10011
MTU       : 1500

VPCS>
```

- PC2: show ip, show ipv6 →

```
PC2-ahmedfarg - PuTTY
VPCS> show ip

NAME      : VPCS[1]
IP/MASK   : 10.10.1.20/28
GATEWAY   : 10.10.1.17
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:01
LPORT     : 10008
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10009
MTU       : 1500

VPCS> show ipv6

NAME      : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE    : 2001:db8:1:4::a/64
DNS       :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC       : 00:50:79:66:68:01
LPORT     : 10008
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10009
MTU       : 1500

VPCS>
```

2.3.3 Настройка IP на маршрутизаторе и хостах

VyOS (msk-ahmedfarg-gw-01) - Назначены адреса интерфейсам и включены Router Advertisements для обоих префиксов: - eth0 → 10.10.1.97/27, 2001:db8:1:1::1/64, RA для 2001:db8:1:1::/64 - eth1 → 10.10.1.17/28, 2001:db8:1:4::1/64, RA для 2001:db8:1:4::/64

The screenshot shows two PuTTY windows. The top window is titled 'msk-ahmedfarg-gw-01 - PuTTY' and displays the following configuration commands:

```
You can change this banner using "set system login banner post-login" command.

VyOS is a free software distribution that includes multiple components,
you can check individual component licenses under /usr/share/doc/*copyright
vyos@msk-ahmedfarg-gw-01:~$ configure
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 10.10.1.97/27
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:1:1::1/6
4
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-01# set service router-advert interface eth0 prefix 2001
:db8:1:1::64
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 10.10.1.17/28
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:1:4::1/6
4
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-01# set service router-advert interface eth1 prefix 2001
:db8:1:4::64
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-01#
```

The bottom window is also titled 'msk-ahmedfarg-gw-01 - PuTTY' and shows the results of saving the configuration:

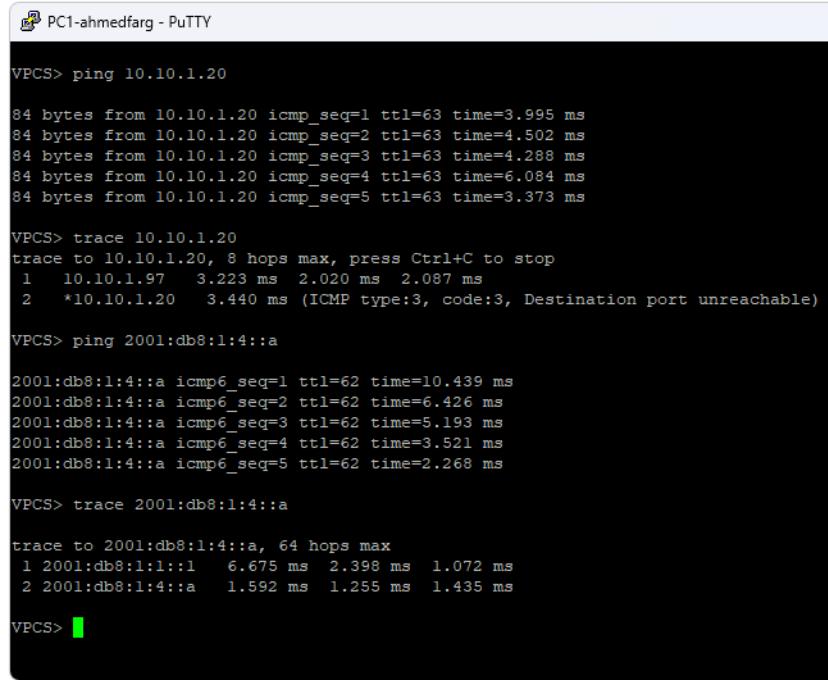
```
vyos@msk-ahmedfarg-gw-01# commit
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-01# show interfaces
ethernet eth0 {
    address 10.10.1.97/27
    address 2001:db8:1:1::1/64
    hw-id 0c:b3:55:9b:00:00
}
ethernet eth1 {
    address 10.10.1.17/28
    address 2001:db8:1:4::1/64
    hw-id 0c:b3:55:9b:00:01
}
ethernet eth2 {
    hw-id 0c:b3:55:9b:00:02
}
loopback lo {
}
[edit]
vyos@msk-ahmedfarg-gw-01#
```

Хосты - **PC1**: IPv4 10.10.1.100/27 gw 10.10.1.97; IPv6 2001:db8:1:1::a/64. -
PC2: IPv4 10.10.1.20/28 gw 10.10.1.17; IPv6 2001:db8:1:4::a/64.

2.3.4 Проверка связности

С PC1 - ping до 10.10.1.20 – успешно.

- trace до 10.10.1.20 – маршрут через 10.10.1.97.
- ping до 2001:db8:1:4::a – успешно.
- trace до 2001:db8:1:4::a – маршрут через 2001:db8:1:1::1.



```
VPCS> ping 10.10.1.20
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=1 ttl=63 time=3.995 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=2 ttl=63 time=4.502 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=3 ttl=63 time=4.288 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=4 ttl=63 time=6.084 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=5 ttl=63 time=3.373 ms

VPCS> trace 10.10.1.20
trace to 10.10.1.20, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  10.10.1.97  3.223 ms  2.020 ms  2.087 ms
 2  *10.10.1.20  3.440 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS> ping 2001:db8:1:4::a
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=10.439 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=6.426 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=5.193 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=3.521 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=2.268 ms

VPCS> trace 2001:db8:1:4::a
trace to 2001:db8:1:4::a, 64 hops max
 1 2001:db8:1:1::1  6.675 ms  2.398 ms  1.072 ms
 2 2001:db8:1:4::a  1.592 ms  1.255 ms  1.435 ms

VPCS> █
```

Рис. 2.13: PC1 – ping/trace v4 и v6

Аналогичные проверки с PC2 дают успешные ответы, что подтверждает корректную маршрутизацию между подсетями по IPv4 и IPv6.

3 Заключение

В ходе лабораторной работы была развернута и настроена среда моделирования сетей с использованием приложения **GNS3** и виртуальной машины **GNS3 VM**.

Были добавлены и сконфигурированы сетевые устройства: маршрутизаторы **FRR** и **VyOS**, коммутаторы и виртуальные ПК (**VPCS**).

Полученные результаты подтвердили корректность работы маршрутизации между подсетями и функционирование механизма **Dual Stack**, при котором один хост может взаимодействовать как в IPv4-, так и в IPv6-сетях.

Цель лабораторной работы достигнута.