

# **Отчёт по лабораторной работе №6**

**Адресация IPv4 и IPv6. Двойной стек**

Владимир Базлов

# Содержание

<b>1 Цель работы</b>	<b>6</b>
<b>2 Разбиение подсетей</b>	<b>7</b>
2.1 Задача 1. Разбиение сети 172.16.20.0/24 . . . . .	7
2.2 Задача 2. Сеть 10.10.1.64/26 и подсеть на 30 узлов . . . . .	9
2.3 Задача 3. Сеть 10.10.1.0/26 и подсеть на 14 узлов . . . . .	9
2.4 Задача 4 Разбиение сети 2001:db8:c0de::/48 . . . . .	10
2.4.1 Характеристики исходной сети . . . . .	10
2.4.2 Вариант А. Разбиение по идентификатору подсети (Subnet ID)	11
2.4.3 Вариант Б. Разбиение по идентификатору интерфейса (Interface ID) . . . . .	11
2.5 Задача 5 Разбиение сети 2a02:6b8::/64 . . . . .	12
2.5.1 Характеристики исходной сети . . . . .	12
2.5.2 Вариант А. Разбиение «логическим Subnet ID» внутри Interface ID . . . . .	12
2.5.3 Вариант Б. Разбиение по диапазонам Interface ID без изменения префикса . . . . .	13
<b>3 Выполнение заданий</b>	<b>14</b>
3.1 Настройка IPv4-адресации и проверка связности в топологии GNS3 . . . . .	14
3.2 Настройка IPv4-адресов на PC1, PC2 и сервере . . . . .	15
3.3 Настройка маршрутизатора FRR msk-vabazlov-net-gw-01 . . . . .	17
3.4 Проверка конфигурации маршрутизатора . . . . .	17
3.5 Проверка сетевой связности . . . . .	19
3.6 Настройка IPv6-адресации узлов PC3, PC4 и сервера . . . . .	19
3.7 Настройка IPv6-адресации на маршрутизаторе VyOS msk-vabazlov-gw-02 . . . . .	22
3.8 Проверка связности между узлами IPv6 . . . . .	23
3.9 Разделение подсетей IPv4 и IPv6 . . . . .	25
3.10 Анализ перехваченного трафика ARP, ICMP и ICMPv6 . . . . .	25
3.10.1 ARP . . . . .	26
3.10.2 ICMPv4 . . . . .	26
3.10.3 ICMPv6 . . . . .	27
<b>4 Выполнение самостоятельного задания</b>	<b>29</b>
4.1 Характеристика подсетей . . . . .	29
4.2 Таблица адресации . . . . .	30

4.3 Настройка IP-адресации на оконечных устройствах . . . . .	31
4.4 Настройка маршрутизатора VyOS . . . . .	34
4.5 Проверка подключений (ping и trace) . . . . .	34
<b>5 Заключение</b>	<b>36</b>

# Список иллюстраций

3.1 Топология сети . . . . .	14
3.2 Настройка PC1 . . . . .	15
3.3 Настройка PC2 . . . . .	16
3.4 Настройка сервера . . . . .	16
3.5 Конфигурация интерфейсов FRR . . . . .	17
3.6 show running-config . . . . .	18
3.7 show interface brief . . . . .	18
3.8 Проверка ping и trace . . . . .	19
3.9 PC3 IPv6 . . . . .	20
3.10 PC4 IPv6 . . . . .	21
3.11 Server IPv6 . . . . .	22
3.12 VyOS IPv6 config . . . . .	23
3.13 PC3 ping IPv6 . . . . .	24
3.14 Server pings IPv6 and IPv4 . . . . .	25
3.15 ARP traffic . . . . .	26
3.16 ICMP IPv4 . . . . .	27
3.17 ICMPv6 . . . . .	28
4.1 Топология сети . . . . .	30
4.2 PC1 адресация . . . . .	32
4.3 PC2 адресация, ввод настроек . . . . .	33
4.4 PC2 адресация . . . . .	33
4.5 Интерфейсы маршрутизатора . . . . .	34
4.6 Проверка ping IPv4 и IPv6 . . . . .	35

# **Список таблиц**

# **1 Цель работы**

Изучение принципов распределения и настройки адресного пространства на устройствах сети.

## **2 Разбиение подсетей**

### **2.1 Задача 1. Разбиение сети 172.16.20.0/24**

Исходная сеть: - Префикс: /24

- Маска: 255.255.255.0
- Адрес сети: 172.16.20.0
- Broadcast-адрес: 172.16.20.255
- Общее число адресов: 256
- Число адресов узлов: 254 (с 172.16.20.1 по 172.16.20.254)

Требуется разбить сеть на 3 подсети с количеством адресов узлов: - 126 узлов - 62 узла - 62 узла

Используем VLSM: сначала выделяем самую крупную подсеть.

- 1) Подсеть на 126 узлов

Нужно как минимум 128 адресов ⇒ префикс /25.

Получаем подсеть:

- Сеть: 172.16.20.0/25
- Маска: 255.255.255.128
- Адрес сети: 172.16.20.0
- Broadcast-адрес: 172.16.20.127

- Диапазон адресов узлов: 172.16.20.1 – 172.16.20.126
- Число адресов узлов: 126

2) Подсеть на 62 узла (№1)

Оставшаяся часть исходной сети – 172.16.20.128/25.

Для 62 узлов нужны 64 адреса ⇒ префикс /26.

Первая половина второго /25:

- Сеть: 172.16.20.128/26
- Маска: 255.255.255.192
- Адрес сети: 172.16.20.128
- Broadcast-адрес: 172.16.20.191
- Диапазон адресов узлов: 172.16.20.129 – 172.16.20.190
- Число адресов узлов: 62

3) Подсеть на 62 узла (№2)

Вторая половина диапазона 172.16.20.128/25:

- Сеть: 172.16.20.192/26
- Маска: 255.255.255.192
- Адрес сети: 172.16.20.192
- Broadcast-адрес: 172.16.20.255

- Диапазон адресов узлов: 172.16.20.193 – 172.16.20.254
- Число адресов узлов: 62

## **2.2 Задача 2. Сеть 10.10.1.64/26 и подсеть на 30 узлов**

Исходная сеть: - Префикс: /26

- Маска: 255.255.255.192
- Адрес сети: 10.10.1.64
- Broadcast-адрес: 10.10.1.127
- Общее число адресов: 64
- Число адресов узлов: 62 (10.10.1.65 – 10.10.1.126)

Требуется выделить подсеть на 30 узлов.

Для 30 узлов нужны 32 адреса ─ префикс /27.

Сеть 10.10.1.64/26 делится на две подсети /27: - 10.10.1.64/27 (адреса 64–95) - 10.10.1.96/27 (адреса 96–127)

Выделим первую подсеть:

Характеристики подсети на 30 узлов: - Сеть: 10.10.1.64/27

- Маска: 255.255.255.224
- Адрес сети: 10.10.1.64
- Broadcast-адрес: 10.10.1.95
- Диапазон адресов узлов: 10.10.1.65 – 10.10.1.94
- Число адресов узлов: 30

## **2.3 Задача 3. Сеть 10.10.1.0/26 и подсеть на 14 узлов**

Исходная сеть: - Префикс: /26

- Маска: 255.255.255.192
- Адрес сети: 10.10.1.0

- Broadcast-адрес: 10.10.1.63
- Общее число адресов: 64
- Диапазон адресов узлов: 10.10.1.1 – 10.10.1.62
- Число адресов узлов: 62

Нужно выделить подсеть на 14 узлов.

Для 14 узлов необходимо 16 адресов ⇒ префикс /28.

Сеть 10.10.1.0/26 разбивается на четыре подсети /28: - 10.10.1.0/28 (0–15) - 10.10.1.16/28 (16–31) - 10.10.1.32/28 (32–47) - 10.10.1.48/28 (48–63)

Выделим первую подсеть:

Характеристики подсети на 14 узлов: - Сеть: 10.10.1.0/28

- Маска: 255.255.255.240
- Адрес сети: 10.10.1.0
- Broadcast-адрес: 10.10.1.15
- Диапазон адресов узлов: 10.10.1.1 – 10.10.1.14
- Число адресов узлов: 14

## **2.4 Задача 4 Разбиение сети 2001:db8:c0de::/48**

### **2.4.1 Характеристики исходной сети**

- Адрес: 2001:db8:c0de::
- Префикс: /48
- Маска: ffff:ffff:ffff:0000:0000:0000:0000
- Диапазон адресов узлов:
  - минимальный: 2001:db8:c0de:0:0:0:0

- максимальный: 2001:db8:c0de:ffff:ffff:ffff:ffff

Сеть /48 обычно содержит **поле Subnet ID (16 бит) и Interface ID (64 бит)**.

## **2.4.2 Вариант А. Разбиение по идентификатору подсети (Subnet ID)**

Используется 4-й гексет.

1) Подсеть 2001:db8:c0de:1::/64

- диапазон: 2001:db8:c0de:1:0:0:0:0 – 2001:db8:c0de:1:ffff:ffff:ffff:ffff

2) Подсеть 2001:db8:c0de:2::/64

- диапазон: 2001:db8:c0de:2:0:0:0:0 – 2001:db8:c0de:2:ffff:ffff:ffff:ffff

## **2.4.3 Вариант Б. Разбиение по идентификатору интерфейса (Interface ID)**

Используем старший бит Interface ID – создаём две подсети /65.

1) Подсеть 2001:db8:c0de:0::/65

- диапазон: 2001:db8:c0de:0:0:0:0:0 – 2001:db8:c0de:0:7fff:ffff:ffff:ffff

2) Подсеть 2001:db8:c0de:0:8000::/65

- диапазон: 2001:db8:c0de:0:8000:0:0:0 – 2001:db8:c0de:0:ffff:ffff:ffff:ffff

## **2.5 Задача 5 Разбиение сети 2a02:6b8::/64**

### **2.5.1 Характеристики исходной сети**

- Адрес: 2a02:6b8::
- Префикс: /64
- Маска: ffff:ffff:ffff:ffff:0000:0000:0000:0000
- Диапазон адресов узлов:
  - минимальный: 2a02:6b8:0:0:0:0:0:0
  - максимальный: 2a02:6b8:0:0:ffff:ffff:ffff:ffff

В сети /64 уже нет отдельного Subnet ID, всё поле ниже – Interface ID.

### **2.5.2 Вариант А. Разбиение «логическим Subnet ID» внутри**

#### **Interface ID**

Забираем 1 бит из Interface ID — получаем две подсети /65.

- 1) Подсеть 2a02:6b8::/65
  - диапазон: 2a02:6b8:0:0:0:0:0:0 – 2a02:6b8:0:0:7fff:ffff:ffff:ffff
- 2) Подсеть 2a02:6b8:0:0:8000::/65
  - диапазон: 2a02:6b8:0:0:8000:0:0:0 – 2a02:6b8:0:0:ffff:ffff:ffff:ffff

### **2.5.3 Вариант Б. Разбиение по диапазонам Interface ID без изменения префикса**

Префикс /64 остаётся, но адресное пространство логически разделяется.

1) Диапазон 1:

- 2a02:6b8:: – 2a02:6b8:0:0:0:7fff:ffff

2) Диапазон 2:

- 2a02:6b8:0:0:8000:: – 2a02:6b8:0:0:ffff:ffff:ffff:ffff

# 3 Выполнение задний

## 3.1 Настройка IPv4-адресации и проверка связности в топологии GNS3

В GNS3 создан новый проект, после чего на рабочем поле размещены устройства и соединены согласно заданной топологии.

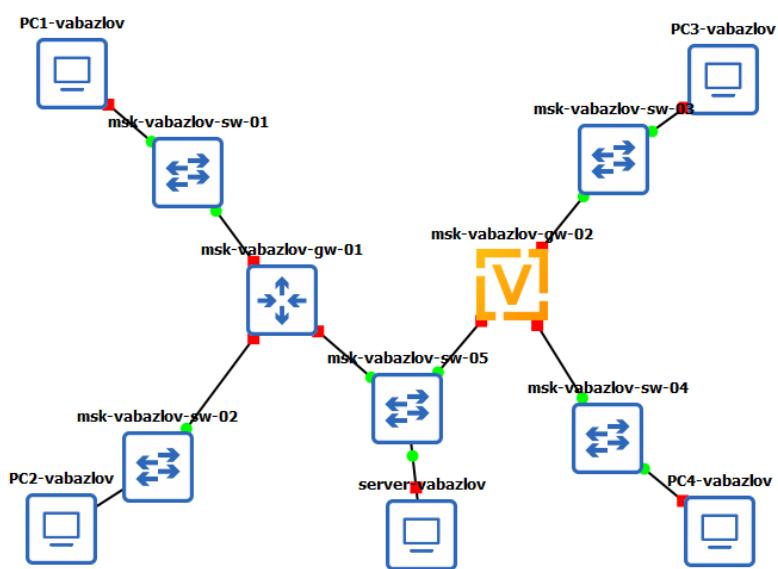


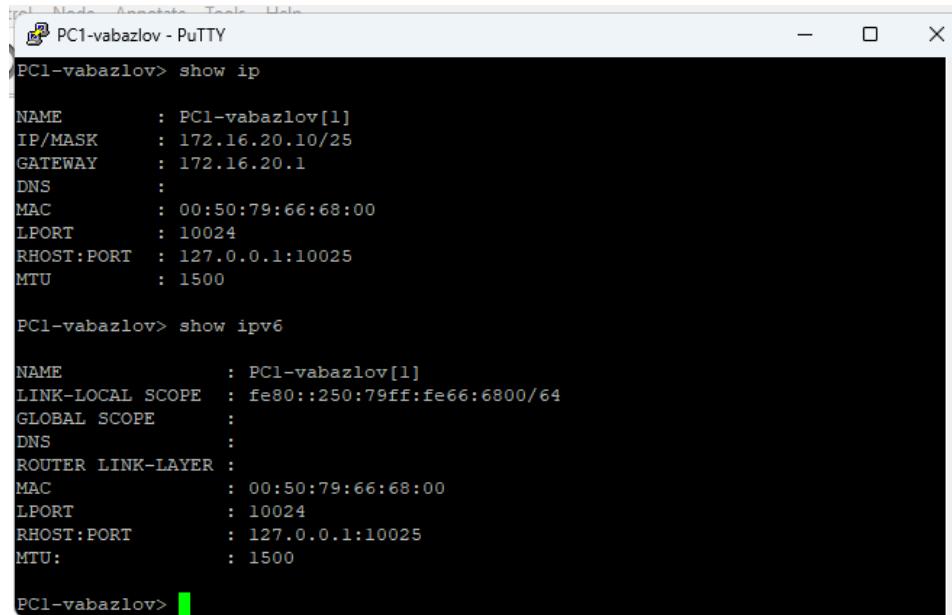
Рис. 3.1: Топология сети

Устройствам присвоены имена в соответствии с правилами: коммутаторы msk-vabazlov-sw-0x, ПК PCx-vabazlov, маршрутизатор msk-vabazlov-net-gw-01.

### 3.2 Настройка IPv4-адресов на PC1, PC2 и сервере

На PC1-vabazlov назначены адрес 172.16.20.10/25 и шлюз 172.16.20.1.

Проверка через show ip и show ipv6 подтверждает корректность конфигурации.



```
PC1-vabazlov> show ip

NAME      : PC1-vabazlov[1]
IP/MASK   : 172.16.20.10/25
GATEWAY   : 172.16.20.1
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 10024
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10025
MTU       : 1500

PC1-vabazlov> show ipv6

NAME      : PC1-vabazlov[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6800/64
GLOBAL SCOPE   :
DNS       :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 10024
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10025
MTU:      : 1500

PC1-vabazlov>
```

Рис. 3.2: Настройка PC1

На PC2-vabazlov назначены адрес 172.16.20.138/25 и шлюз 172.16.20.129.

Вывод команд отображает корректную информацию IPv4 и IPv6.

```
PC2-vabazlov> show ip

NAME      : PC2-vabazlov[1]
IP/MASK   : 172.16.20.138/25
GATEWAY   : 172.16.20.129
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:01
LPORT     : 10022
RHOST:PORT: 127.0.0.1:10023
MTU       : 1500

PC2-vabazlov> show ipv6

NAME      : PC2-vabazlov[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE   :
DNS       :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC       : 00:50:79:66:68:01
LPORT     : 10022
RHOST:PORT   : 127.0.0.1:10023
MTU       : 1500

PC2-vabazlov>
```

Рис. 3.3: Настройка PC2

На сервере назначения выполнены для адреса 64.100.1.10/24 и шлюза 64.100.1.1.

Конфигурация проверена командами show ip и show ipv6.

```
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     : 10026
RHOST:PORT: 127.0.0.1:10027
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     : 10026
RHOST:PORT   : 127.0.0.1:10027
MTU       : 1500

VPCS>
```

Рис. 3.4: Настройка сервера

### 3.3 Настройка маршрутизатора FRR

#### **msk-vabzlov-net-gw-01**

Маршрутизатору присвоено имя msk-vabzlov-net-gw-01.

Интерфейсы eth0, eth1 и eth2 настроены на соответствующие IPv4-подсети, используемые в топологии.

```
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-vabzlov-net-gw-01
msk-vabzlov-net-gw-01(config)# exit
msk-vabzlov-net-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-vabzlov-net-gw-01#
msk-vabzlov-net-gw-01# configure terminal
msk-vabzlov-net-gw-01(config)# interface eth0
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# ip address 172.16.20.1/25
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# exit
msk-vabzlov-net-gw-01(config)# interface eth1
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# ip address 172.16.20.129/25
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# exit
msk-vabzlov-net-gw-01(config)# interface eth2
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# ip address 64.100.1.1/24
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-vabzlov-net-gw-01(config-if)# exit
msk-vabzlov-net-gw-01(config)# exit
msk-vabzlov-net-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-vabzlov-net-gw-01#
```

Рис. 3.5: Конфигурация интерфейсов FRR

### 3.4 Проверка конфигурации маршрутизатора

Вывод текущей конфигурации показывает корректное применение настроек. Информация об интерфейсах демонстрирует активные порты и назначенные адреса.

```
msk-vabzlov-net-gw-01# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-vabzlov-net-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-vabzlov-net-gw-01#
```

Рис. 3.6: show running-config

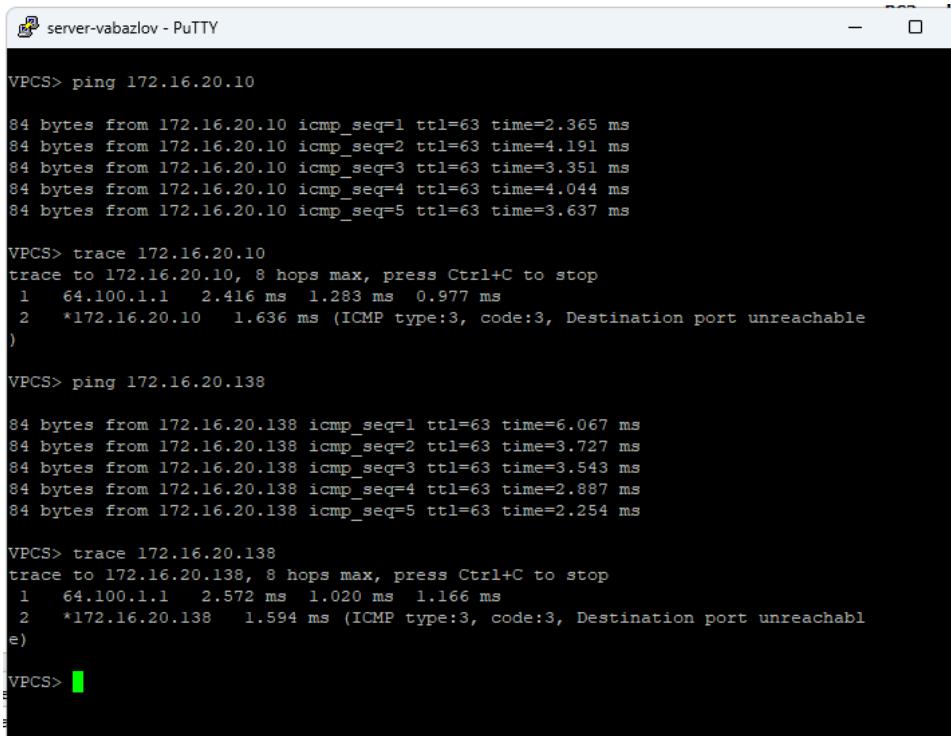
```
msk-vabzlov-net-gw-01#
msk-vabzlov-net-gw-01# show interface brief
Interface      Status    VRF          Addresses
-----      -----
eth0          up        default      172.16.20.1/25
eth1          up        default      172.16.20.129/25
eth2          up        default      64.100.1.1/24
eth3          down      default
eth4          down      default
eth5          down      default
eth6          down      default
eth7          down      default
lo            up        default
pimreg        up        default
```

Рис. 3.7: show interface brief

### 3.5 Проверка сетевой связности

С сервера выполнены проверки доступности PC1 и PC2 посредством ping и trace.

Оба узла успешно отвечают, а пути прохождения пакетов проходят через маршрутизатор.



```
VPCS> ping 172.16.20.10
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=2.365 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=4.191 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=3.351 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=4.044 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=3.637 ms

VPCS> trace 172.16.20.10
trace to 172.16.20.10, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  64.100.1.1  2.416 ms  1.283 ms  0.977 ms
 2  *172.16.20.10  1.636 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable
)

VPCS> ping 172.16.20.138
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=63 time=6.067 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=63 time=3.727 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=3 ttl=63 time=3.543 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=4 ttl=63 time=2.887 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.254 ms

VPCS> trace 172.16.20.138
trace to 172.16.20.138, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  64.100.1.1  2.572 ms  1.020 ms  1.166 ms
 2  *172.16.20.138  1.594 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable
)

VPCS>
```

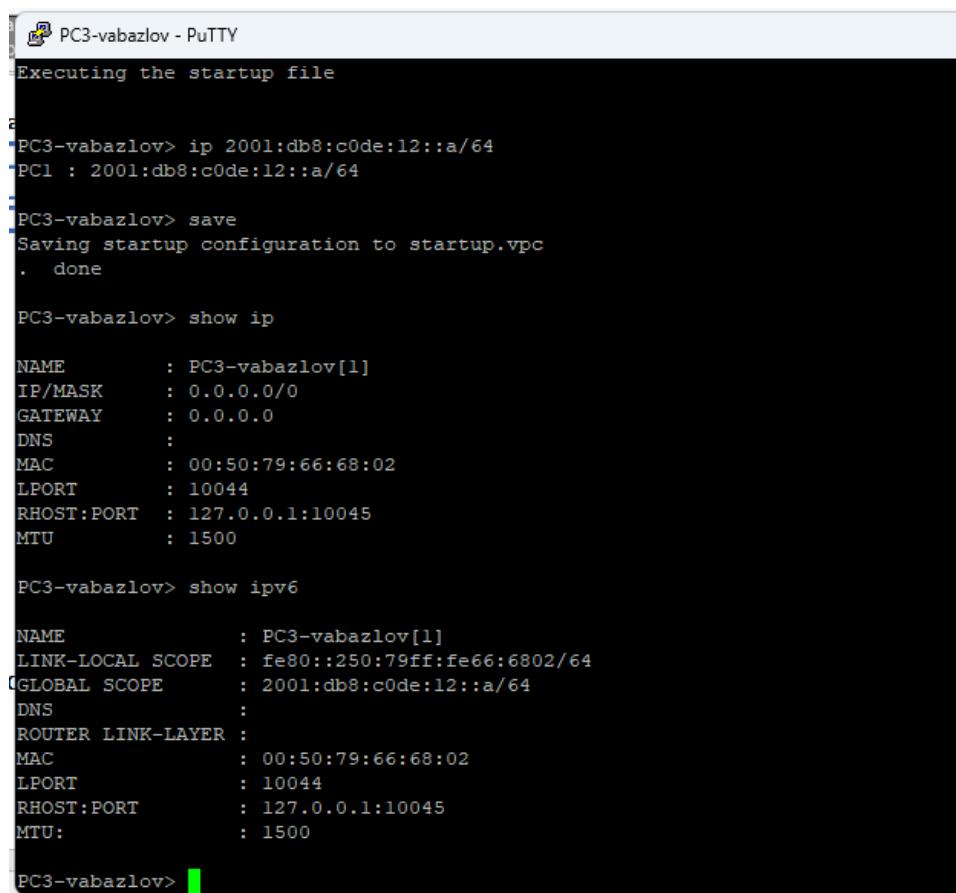
Рис. 3.8: Проверка ping и trace

Связность между всеми узлами подтверждена, IPv4-адресация функционирует корректно.

### 3.6 Настройка IPv6-адресации узлов PC3, PC4 и сервера

На PC3-vabazlov назначен глобальный IPv6-адрес 2001:db8:c0de:12::a/64. Команды show ip и show ipv6 подтверждают наличие линк-локального и глобаль-

ного адресов.



```
Executing the startup file

PC3-vabazlov> ip 2001:db8:c0de:12::a/64
PC1 : 2001:db8:c0de:12::a/64

PC3-vabazlov> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PC3-vabazlov> show ip

NAME      : PC3-vabazlov[1]
IP/MASK   : 0.0.0.0/0
GATEWAY   : 0.0.0.0
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:02
LPORT     : 10044
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10045
MTU       : 1500

PC3-vabazlov> show ipv6

NAME      : PC3-vabazlov[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     : 10044
RHOST:PORT   : 127.0.0.1:10045
MTU       : 1500

PC3-vabazlov>
```

Рис. 3.9: PC3 IPv6

На PC4-vabazlov назначен адрес 2001:db8:c0de:13::a/64.

Вывод конфигурации корректен.

```
PC4-vabazlov> show ip

NAME          : PC4-vabazlov[1]
IP/MASK       : 0.0.0.0/0
GATEWAY      : 0.0.0.0
DNS           :
MAC           : 00:50:79:66:68:03
LPORT         : 10046
RHOST:PORT   : 127.0.0.1:10047
MTU           : 1500

PC4-vabazlov> show ipv6

NAME          : PC4-vabazlov[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
kLPORT        : 10046
RHOST:PORT   : 127.0.0.1:10047
MTU           : 1500

PC4-vabazlov>
```

Рис. 3.10: PC4 IPv6

На сервере настроен адрес 2001:db8:c0de:11::a/64.

Его вывод show ipv6 демонстрирует корректную настройку двойного стека IPv4/IPv6.

```
server-vabazlov - 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     : 10026
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10027
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     : 10026
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:10027
MTU       : 1500

VPCS>
```

Рис. 3.11: Server IPv6

## 3.7 Настройка IPv6-адресации на маршрутизаторе

### VyOS msk-vabazlov-gw-02

Маршрутизатор установлен и перезагружен, затем ему присвоено имя msk-vabazlov-gw-02.

На интерфейсы eth0, eth1 и eth2 назначены IPv6-адреса и включены Router Advertisements для автоматической раздачи префиксов узлам.

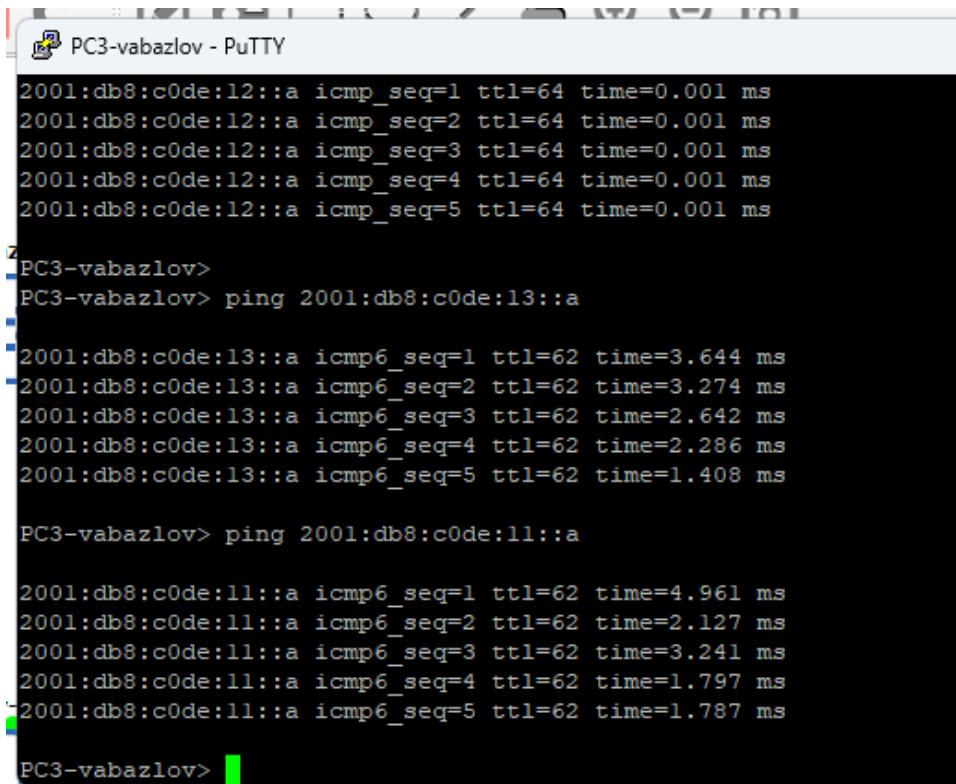
```
vyos@msk-vabazlov-gw-02:~$ configure
[edit]
vyos@msk-vabazlov-gw-02# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:c0de:12::1/64
[edit]
vyos@msk-vabazlov-gw-02# set service router-advert interface eth0 add 2001:db8:c0de:12::1/64
    Configuration path: service router-advert interface eth0 [add] is not valid

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

Рис. 3.12: VyOS IPv6 config

### 3.8 Проверка связности между узлами IPv6

PC3 успешно отправляет эхо-запросы на PC4 и сервер, что подтверждает корректную маршрутизацию внутри IPv6-подсетей.



The screenshot shows a PuTTY terminal window titled "PC3-vabazlov - PuTTY". The session log displays the following output:

```
2001:db8:c0de:12::a icmp_seq=1 ttl=64 time=0.001 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp_seq=2 ttl=64 time=0.001 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp_seq=3 ttl=64 time=0.001 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp_seq=4 ttl=64 time=0.001 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp_seq=5 ttl=64 time=0.001 ms

PC3-vabazlov>
PC3-vabazlov> ping 2001:db8:c0de:13::a

2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=3.644 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=3.274 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=2.642 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=2.286 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.408 ms

PC3-vabazlov> ping 2001:db8:c0de:11::a

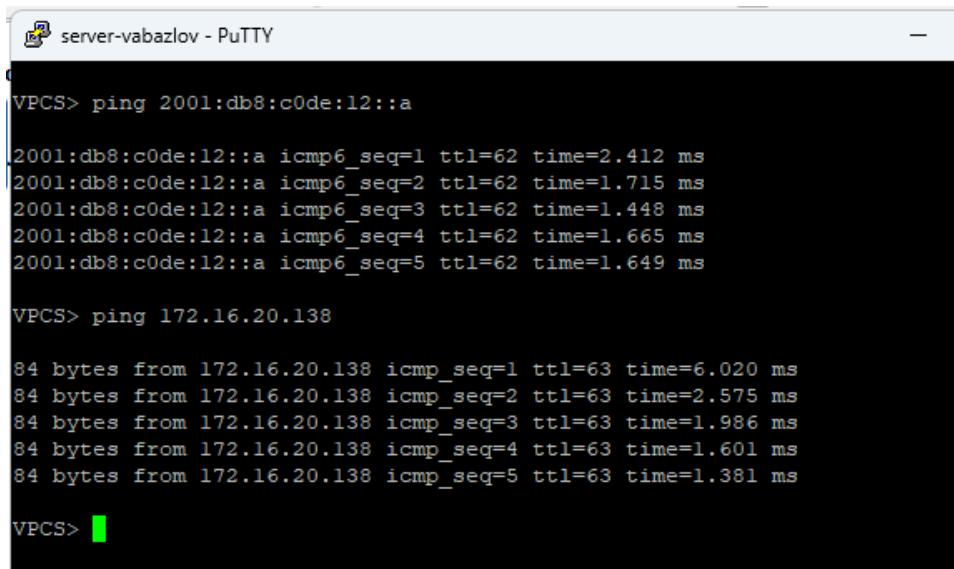
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=4.961 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=2.127 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=3.241 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=1.797 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.787 ms

PC3-vabazlov>
```

Рис. 3.13: PC3 ping IPv6

Сервер с двойным стеком доступен как по IPv6, так и по IPv4.

Проверка показывает успешные ICMPv6-ответы и доступность IPv4-хоста 172.16.20.138.



```
VPCS> ping 2001:db8:c0de:12::a
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=2.412 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=1.715 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=1.448 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=1.665 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.649 ms

VPCS> ping 172.16.20.138
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=63 time=6.020 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=63 time=2.575 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=3 ttl=63 time=1.986 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=4 ttl=63 time=1.601 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.381 ms

VPCS>
```

Рис. 3.14: Server pings IPv6 and IPv4

### 3.9 Разделение подсетей IPv4 и IPv6

Устройства, находящиеся только в подсети IPv6, не могут обращаться к узлам IPv4, так как у них отсутствует IPv4-стек.

Аналогично, узлы исключительно IPv4 не могут обратиться к адресам формата IPv6.

Связность между двумя доменами обеспечивает только сервер двойного стека, имеющий обе адресации.

### 3.10 Анализ перехваченного трафика ARP, ICMP и ICMPv6

На соединении между сервером двойного стека и коммутатором выполнен захват трафика. В полученных данных отображаются:

### 3.10.1 ARP

ARP-запросы отражают работу IPv4-подсети: - запросы вида «Who has 64.100.1.1? Tell 64.100.1.10» показывают, что сервер определяет MAC-адрес шлюза; - ответы от маршрутизатора содержат его MAC-адрес.

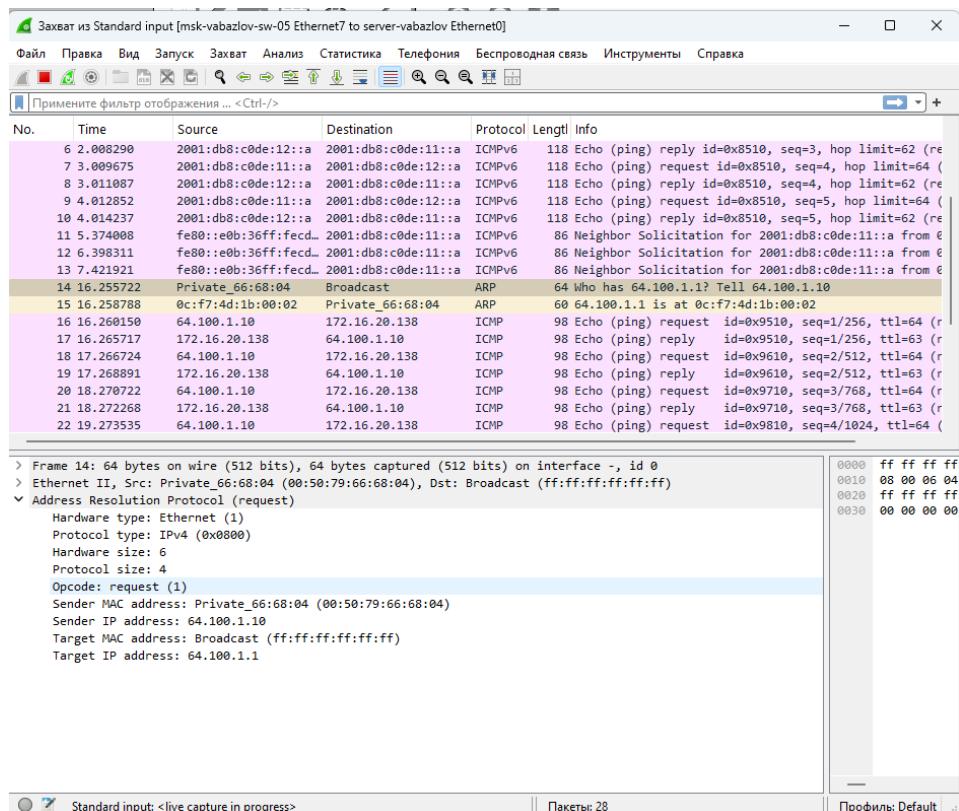


Рис. 3.15: ARP traffic

### 3.10.2 ICMPv4

Видны ICMP Echo Request и Echo Reply между сервером и узлами IPv4. Пакеты содержат: - идентификатор, - номер последовательности, - TTL и контрольные суммы.

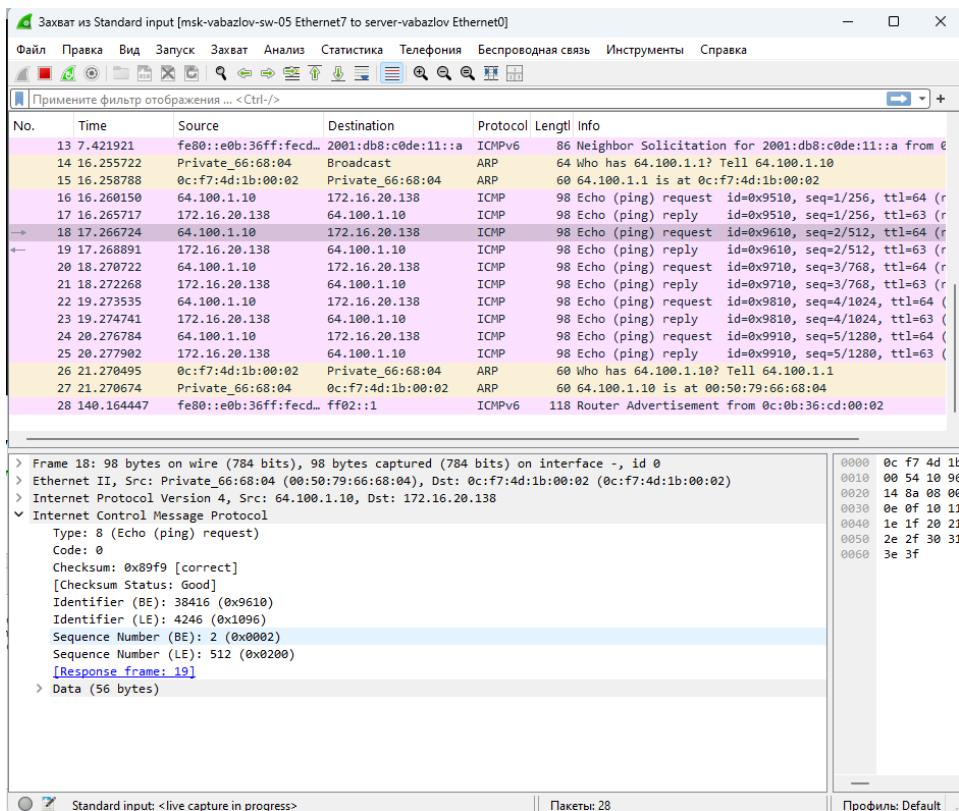


Рис. 3.16: ICMP IPv4

### 3.10.3 ICMPv6

В трафике присутствуют: - Neighbor Solicitation и Neighbor Advertisement (аналог ARP для IPv6), - ICMPv6 Echo Request / Reply между сервером и PC3/PC4.

Пакеты ICMPv6 позволяют видеть hop-limit, идентификатор и ответный кадр.

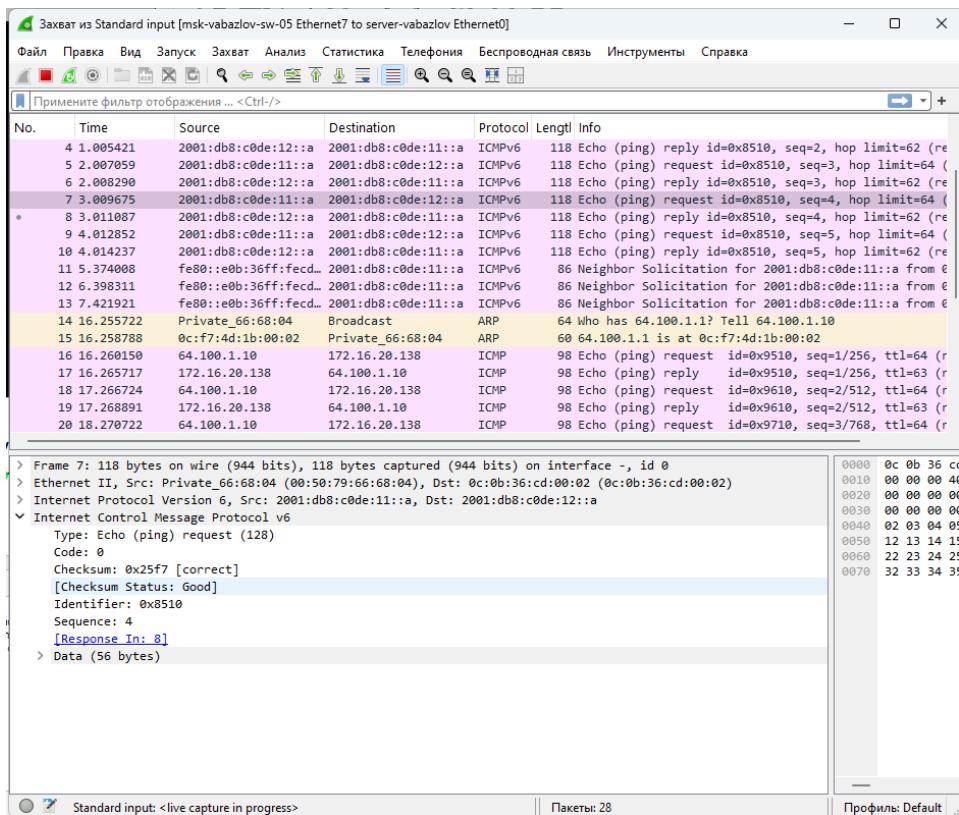


Рис. 3.17: ICMPv6

# **4 Выполнение самостоятельного задания**

## **4.1 Характеристика подсетей**

Для заданной топологии используются две подсети IPv4 и две подсети IPv6.

Подсеть 1 (для PC1 и интерфейса eth0 маршрутизатора): - IPv4-префикс: 10.10.1.96/27 - Маска: 255.255.255.224 - Количество адресов: 32 (30 доступных для узлов) - Адрес сети: 10.10.1.96 - Широковещательный адрес: 10.10.1.127 - Диапазон адресов узлов: 10.10.1.97–10.10.1.126

Подсеть 2 (для PC2 и интерфейса eth1 маршрутизатора): - IPv4-префикс: 10.10.1.16/28 - Маска: 255.255.255.240 - Количество адресов: 16 (14 доступных для узлов) - Адрес сети: 10.10.1.16 - Широковещательный адрес: 10.10.1.31 - Диапазон адресов узлов: 10.10.1.17–10.10.1.30

Подсети IPv6: - Подсеть 1: префикс 2001:db8:1:1::/64

Диапазон адресов узлов: от 2001:db8:1:1:: до 2001:db8:1:1:ffff:ffff:ffff:ffff

Используемые адреса: 2001:db8:1:1::1 (маршрутизатор), 2001:db8:1:1::a (PC1). -

Подсеть 2: префикс 2001:db8:1:4::/64

Диапазон адресов узлов: от 2001:db8:1:4:: до 2001:db8:1:4:ffff:ffff:ffff:ffff

Используемые адреса: 2001:db8:1:4::1 (маршрутизатор), 2001:db8:1:4::a (PC2).

Во всех подсетях интерфейсу маршрутизатора назначен наименьший доступный адрес (10.10.1.97 и 10.10.1.17 для IPv4, ::1 для IPv6).

## 4.2 Таблица адресации

Топология сети:

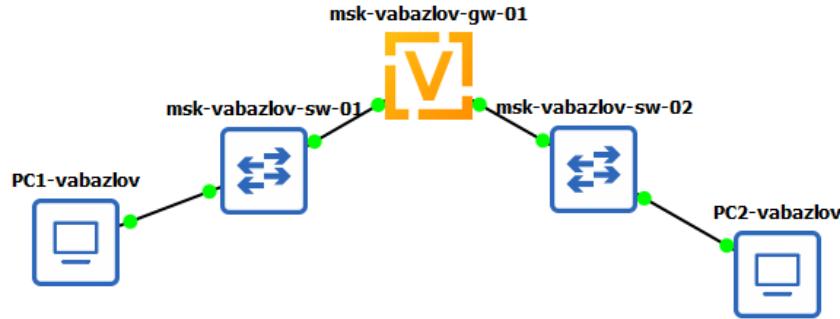


Рис. 4.1: Топология сети

Таблица адресации для устройств:

Устройство	Ин- тер- фейс	IPv4- адрес/маска	Шлюз по умолча- нию	IPv6- адрес/префикс	Назначение
PC1- vabazlov	VPCS	10.10.1.100/27	10.10.1.97	2001:db8:1:1::a/64	Шлюз подсети 1
PC2- vabazlov	VPCS	10.10.1.20/28	10.10.1.17	2001:db8:1:4::a/64	Шлюз подсети 2
msk- vabazlov-gw- 01	eth0	10.10.1.97/27	—	2001:db8:1:1::1/64	Шлюз для подсети 1
msk- vabazlov-gw- 01	eth1	10.10.1.17/28	—	2001:db8:1:4::1/64	Шлюз для подсети 2

Устройство	Ин-тер-фейс	IPv4-адрес/маска	Шлюз по умолчанию	IPv6-адрес/префикс	Назначение
msk-vabazlov-sw-01, sw-02	порты к PC и GW	без IP	—	без IP	Коммутаторы уровня 2

## 4.3 Настройка IP-адресации на оконечных устройствах

На PC1-vabazlov назначены: - IPv4-адрес 10.10.1.100/27, шлюз 10.10.1.97; - IPv6-адрес 2001:db8:1:1::a/64.

Проверка командами show ip и show ipv6 показывает корректное наличие IPv4-и IPv6-адресов, а также линк-локального IPv6-адреса.

```
PC1-vabazlov> show ip

NAME      : PC1-vabazlov[1]
IP/MASK   : 10.10.1.100/27
GATEWAY   : 10.10.1.97
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 10008
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10009
MTU       : 1500

PC1-vabazlov> show ipv6

NAME      : PC1-vabazlov[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     : 10008
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:10009
MTU:      : 1500

PC1-vabazlov>
```

Рис. 4.2: PC1 адресация

На PC2-vabazlov назначены: - IPv4-адрес 10.10.1.20/28, шлюз 10.10.1.17; - IPv6-адрес 2001:db8:1:4::a/64.

Вывод show ip и show ipv6 подтверждает корректную конфигурацию.

```
PC2-vabazlov>
PC2-vabazlov> ip 10.10.1.20/28 10.10.1.17
Checking for duplicate address...
PC2-vabazlov : 10.10.1.20 255.255.255.240 gateway 10.10.1.17

PC2-vabazlov> ip 2001:db8:1:4::a/64
PC1 : 2001:db8:1:4::a/64

PC2-vabazlov> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PC2-vabazlov> show ip

NAME      : PC2-vabazlov[1]
IP/MASK   : 10.10.1.20/28
GATEWAY   : 10.10.1.17
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:01
LPORT     : 10010
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10011
MTU       : 1500

PC2-vabazlov>
```

Рис. 4.3: PC2 адресация, ввод настроек

```
PC2-vabazlov>
PC2-vabazlov> show ip

NAME      : PC2-vabazlov[1]
IP/MASK   : 10.10.1.20/28
GATEWAY   : 10.10.1.17
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:01
LPORT     : 10010
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10011
MTU       : 1500

PC2-vabazlov>
PC2-vabazlov> show ipv6

NAME      : PC2-vabazlov[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     : 10010
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:10011
MTU       : 1500

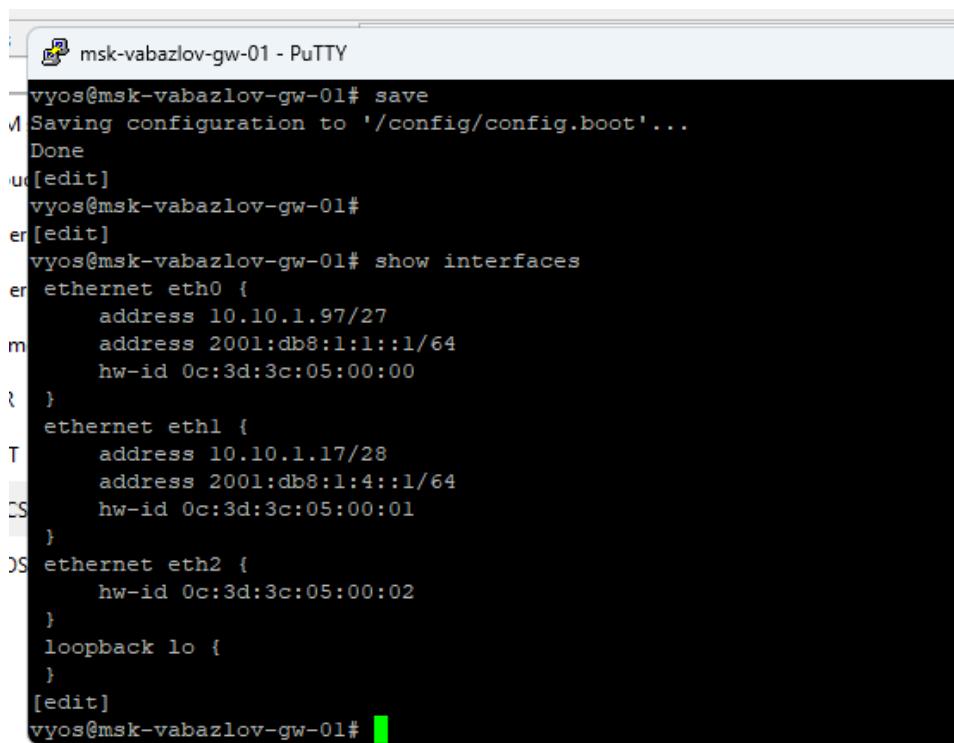
PC2-vabazlov>
```

Рис. 4.4: PC2 адресация

## 4.4 Настройка маршрутизатора VyOS

На маршрутизаторе msk-vabazlov-gw-01 в режиме configure выполнены следующие действия: - для интерфейса eth0 (подсеть 1) назначены адреса 10.10.1.97/27 и 2001:db8:1:1::1/64; - для интерфейса eth1 (подсеть 2) назначены адреса 10.10.1.17/28 и 2001:db8:1:4::1/64; - конфигурация сохранена в файл config.boot.

Вывод show interfaces демонстрирует назначенные IPv4- и IPv6-адреса на интерфейсах маршрутизатора.



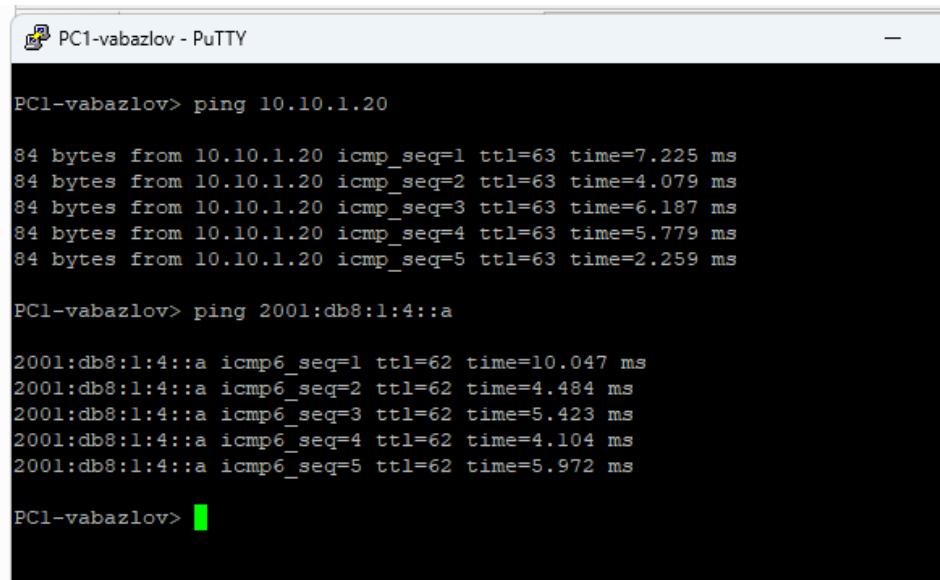
```
msk-vabazlov-gw-01 - PuTTY
vyos@msk-vabazlov-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-vabazlov-gw-01#
[edit]
vyos@msk-vabazlov-gw-01# show interfaces
ethernet eth0 {
    address 10.10.1.97/27
    address 2001:db8:1:1::1/64
    hw-id 0c:3d:3c:05:00:00
}
ethernet eth1 {
    address 10.10.1.17/28
    address 2001:db8:1:4::1/64
    hw-id 0c:3d:3c:05:00:01
}
ethernet eth2 {
    hw-id 0c:3d:3c:05:00:02
}
loopback lo {
}
[edit]
vyos@msk-vabazlov-gw-01#
```

Рис. 4.5: Интерфейсы маршрутизатора

## 4.5 Проверка подключений (ping и trace)

Для проверки связности из узла PC1 выполнена отправка эхо-запросов на PC2: - ping 10.10.1.20 – успешные ответы подтверждают работоспособность IPv4-маршрутизации между подсетями через msk-vabazlov-gw-01; -

ping 2001:db8:1:4::a — успешные ICMPv6-ответы показывают корректную маршрутизацию IPv6.



The screenshot shows a PuTTY terminal window titled "PC1-vabazlov - PuTTY". The session log displays two ping commands. The first command, "ping 10.10.1.20", shows five ICMPv4 responses from the target host. The second command, "ping 2001:db8:1:4::a", shows five ICMPv6 responses. Both sets of responses include the sequence number (seq), TTL, and round-trip time (time) in milliseconds.

```
PC1-vabazlov> ping 10.10.1.20
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=1 ttl=63 time=7.225 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=2 ttl=63 time=4.079 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=3 ttl=63 time=6.187 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=4 ttl=63 time=5.779 ms
84 bytes from 10.10.1.20 icmp_seq=5 ttl=63 time=2.259 ms

PC1-vabazlov> ping 2001:db8:1:4::a
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=10.047 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=4.484 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=5.423 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=4.104 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=5.972 ms

PC1-vabazlov>
```

Рис. 4.6: Проверка ping IPv4 и IPv6

## **5 Заключение**

В ходе работы выполнен анализ IPv6-адресного пространства и выполнено разбиение сетей двумя различными способами — с использованием идентификатора подсети и с использованием идентификатора интерфейса. Показано, что сеть с префиксом /48 позволяет формировать классическую иерархию подсетей, изменения Subnet ID, тогда как сеть /64 может быть разделена только за счёт структуры Interface ID. Оба подхода позволяют гибко организовывать адресное пространство и адаптировать его к различным требованиям — как для изоляции подсетей, так и для логического разделения устройств в пределах одного сетевого сегмента.