

Лабораторная работа №8

Отчет

Лисовская Арина Валерьевна

Содержание

1 Цель работы	6
2 Задание	7
3 Выполнение лабораторной работы	8
3.1 Базовая настройка сети	8
3.2 Конфигурация маршрутизаторов (FRR)	9
3.3 Настройка IPv6	12
3.4 Настройка протокола RIP (v2)	16
3.5 Настройка RIPng и анализ трафика	22
3.6 Настройка OSPF (IPv4)	24
3.7 Настройка OSPFv3 (IPv6)	29
3.8 Туннелирование IPv6 через IPv4 (6in4)	32
3.9 Комплексная настройка и диагностика	40
4 Выводы	46
5 Ответы на контрольные вопросы	47

Список иллюстраций

3.1 Схема сети	8
3.2 Настройка интерфейса gw-01	8
3.3 Настройка VPCS	9
3.4 Настройка PCS	9
3.5 Конфигурация FRR на gw-01	10
3.6 Просмотр конфигурации gw-01	10
3.7 Настройка gw-02	11
3.8 Сохранение конфига gw-02	11
3.9 Настройка gw-03	12
3.10 Настройка gw-04	12
3.11 IPv6 на ПК-1	13
3.12 IPv6 на ПК-2	13
3.13 Проверка IPv6 интерфейсов	14
3.14 Включение IPv6 forwarding на gw-02	14
3.15 Конфигурация IPv6 на gw-04	15
3.16 Ping IPv6	15
3.17 Диагностика IPv6	16
3.18 IPv6 Neighbors	16
3.19 Настройка RIP на gw-01	17
3.20 Настройка RIP на gw-02	17
3.21 Настройка RIP на gw-03	17
3.22 Настройка RIP на gw-04	18
3.23 Таблица маршрутов RIP	18
3.24 Детали маршрутов RIP	18
3.25 Тест связности после RIP	19
3.26 Мониторинг RIP	19
3.27 Отключение интерфейса на gw-02	19
3.28 Конвергенция RIP	20
3.29 Статус интерфейсов	20
3.30 Восстановление сети	21
3.31 Ping check	21
3.32 Проверка маршрутов	21
3.33 Конфигурация	22
3.34 Финальные тесты RIP	22
3.35 Трассировка IPv6	22
3.36 Таблица RIPng	23
3.37 Статус RIPng	23

3.38 RIPng интерфейсы	23
3.39 Анализ трафика RIP в Wireshark	24
3.40 ICMPv6 в Wireshark	24
3.41 Настройка OSPF	24
3.42 OSPF config	25
3.43 OSPF Area 0	25
3.44 Активация OSPF	25
3.45 OSPF Hello в Wireshark	26
3.46 Соседи OSPF	26
3.47 Маршруты OSPF	27
3.48 Тест связности OSPF	27
3.49 Traceroute OSPF	28
3.50 OSPF LSDB	28
3.51 OSPF Timers	29
3.52 Настройка OSPFv3	29
3.53 Интерфейсы OSPFv3	30
3.54 OSPFv3 Neighbors	30
3.55 Маршруты OSPFv3	31
3.56 Тест отказоустойчивости OSPFv3	31
3.57 Перестроение OSPFv3	31
3.58 Восстановление OSPFv3	31
3.59 OSPFv3 трафик	32
3.60 Финальная таблица IPv6	32
3.61 Схема туннелирования	32
3.62 IPv6 адреса для туннеля	33
3.63 Проверка адресов	33
3.64 Настройка VyOS	34
3.65 Создание SIT туннеля	34
3.66 RIP на VyOS	35
3.67 Статус tun0	35
3.68 Ping через туннель	36
3.69 Анализ туннеля	36
3.70 Маршруты VyOS	36
3.71 Настройка удаленного туннеля	36
3.72 Инкапсуляция 6in4	37
3.73 Wireshark 6in4	37
3.74 Адресация туннеля	37
3.75 Ping IPv6 tun	38
3.76 Сквозной тест туннеля	38
3.77 Диагностика туннеля	39
3.78 Исправление маршрутизации	39
3.79 Рабочий туннель	40
3.80 Комплексная настройка VyOS	40
3.81 OSPF и IPv6 на VyOS	41

3.82 Применение настроек	41
3.83 OSPF статус VyOS	42
3.84 Ошибки OSPFv3	42
3.85 Анализ ошибок	43
3.86 Ошибка маршрутизации IPv4	43
3.87 Ошибка маршрутизации IPv6	44
3.88 Диагностика таблиц	44
3.89 Отключение eth0	45
3.90 Итоги диагностики	45

1 Цель работы

[cite_start]Изучение принципов работы и приобретение практических навыков по настройке протоколов динамической маршрутизации (RIP и OSPF) для стеков протоколов IPv4 и IPv6, а также реализация механизмов туннелирования IPv6 поверх IPv4 (6in4). [cite: 1]

2 Задание

1. [cite_start]Настроить базовую связность в сети для IPv4 и IPv6 на маршрутизаторах и клиентских ПК. [cite: 2]
2. [cite_start]Сконфигурировать протоколы RIPv2 и RIPng для обеспечения динамического обмена маршрутами. [cite: 2]
3. [cite_start]Настроить протоколы OSPF и OSPFv3, провести анализ их работы и конвергенции. [cite: 2]
4. [cite_start]Реализовать туннель 6in4 между удаленными сегментами сети. [cite: 2]
5. [cite_start]Провести диагностику сети и анализ трафика с помощью Wireshark. [cite: 2]

3 Выполнение лабораторной работы

3.1 Базовая настройка сети

В начале работы я изучила схему сети и топологию лабораторного стенда. Это необходимо для понимания структуры связей между узлами и планирования адресного пространства (рис. 3.1).

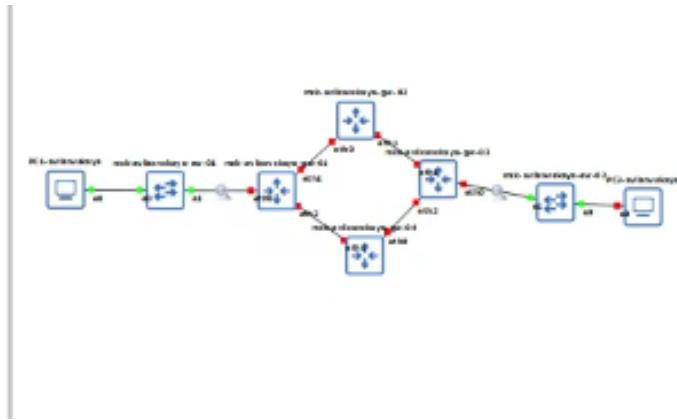


Рис. 3.1: Схема сети

Приступаю к настройке интерфейса маршрутизатора `msk-avlisovskaya-gw-01`. Назначаю IP-адрес `10.0.10.1/24` на интерфейс `eth0` (рис. 3.2).

```
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# ip address 10.0.10.1/24
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# interface eth1
```

Рис. 3.2: Настройка интерфейса `gw-01`

Далее выполняю настройку IP-адреса на первом виртуальном ПК (VPCS). Устанавливаю адрес `10.0.11.10/24` и указываю шлюз по умолчанию `10.0.11.1` (рис.

3.3).

```
VPCS> ip 10.0.11.10/24 10.0.11.1
Checking for duplicate address...
VPCS : 10.0.11.10 255.255.255.0 gateway 10.0.11.1

VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

VPCS> show ip

NAME      : VPCS[1]
IP/MASK   : 10.0.11.10/24
GATEWAY   : 10.0.11.1
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:01
LPORT     : 10018
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10019
MTU       : 1500

VPCS>
```

Рис. 3.3: Настройка VPCS

Аналогичным образом настраиваю второй виртуальный ПК (PCS). Присваиваю ему адрес 10.0.10.10/24 и сохраняю конфигурацию (рис. 3.4).

```
PCS> ip 10.0.10.10/24 10.0.10.1
Checking for duplicate address...
PCS : 10.0.10.10 255.255.255.0 gateway 10.0.10.1

PCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PCS> show ip
```

Рис. 3.4: Настройка PCS

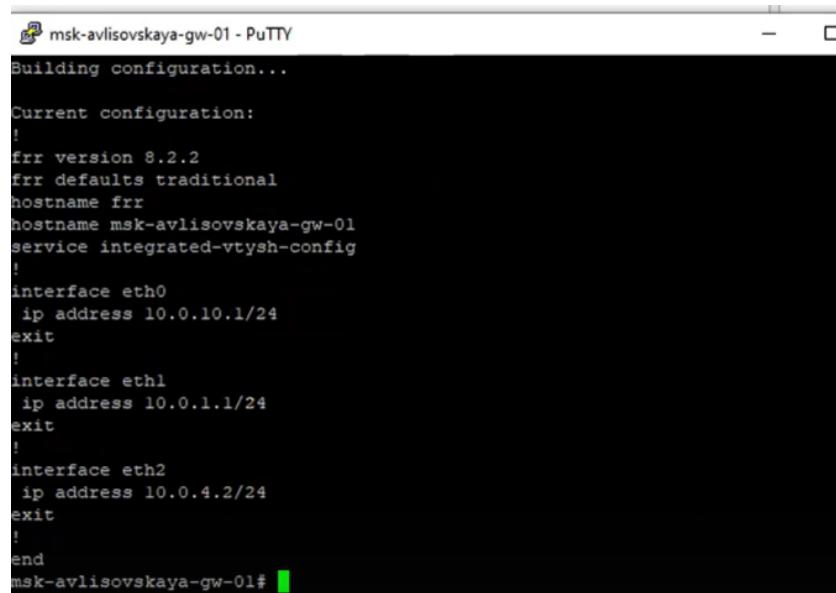
3.2 Конфигурация маршрутизаторов (FRR)

Перехожу к настройке программного маршрутизатора FRR на узле msk-avlisovskaya-gw-01. Задаю имя хоста и настраиваю адреса на интерфейсах eth0, eth1 и eth2 (рис. 3.5).

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-avlisovskaya-gw-01
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# ip address 10.0.10.1/24
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# interface eth1
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# ip address 10.0.1.1/24
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# interface eth2
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# ip address 10.0.4.2/24
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01#
```

Рис. 3.5: Конфигурация FRR на gw-01

Проверяю текущую конфигурацию маршрутизатора gw-01. Команда `show running-config` позволяет убедиться, что все адреса применились корректно (рис. 3.6).



```
msk-avlisovskaya-gw-01 - PuTTY
Building configuration...
Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-avlisovskaya-gw-01
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
 ip address 10.0.10.1/24
exit
!
interface eth1
 ip address 10.0.1.1/24
exit
!
interface eth2
 ip address 10.0.4.2/24
exit
!
end
msk-avlisovskaya-gw-01#
```

Рис. 3.6: Просмотр конфигурации gw-01

Настраиваю следующий маршрутизатор — `msk-avlisovskaya-gw-02`. Включаю интерфейсы и назначаю адреса для связи с соседними узлами (рис. 3.7).

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-avlisovskaya-gw-02
msk-avlisovskaya-gw-02(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# ip address 10.0.1.2/24
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-02(config)# interface eth1
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# ip address 10.0.2.1/24
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-02(config)# exit
msk-avlisovskaya-gw-02#
```

Рис. 3.7: Настройка gw-02

Сохраняю внесенные изменения в память маршрутизатора gw-02 с помощью команды `write memory` и просматриваю итоговый конфиг (рис. 3.8).

```
msk-avlisovskaya-gw-02 - PuTTY
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-avlisovskaya-gw-02# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-avlisovskaya-gw-02
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
    ip address 10.0.1.2/24
exit
!
interface eth1
    ip address 10.0.2.1/24
exit
!
end
msk-avlisovskaya-gw-02#
```

Рис. 3.8: Сохранение конфига gw-02

Провожу настройку маршрутизатора gw-03. Здесь также активирую необходимые интерфейсы и прописываю IP-адреса (рис. 3.9).

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-avlisovskaya-gw-03
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# ip address 10.0.11.1/24
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# interface eth1
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# ip address 10.0.2.2/24
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# interface eth2
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# ip address 10.0.3.1/24
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# exit
msk-avlisovskaya-gw-03# write memory
```

Рис. 3.9: Настройка gw-03

Завершаю базовую настройку IPv4 на маршрутизаторе `msk-avlisovskaya-gw-04`. Выполняю сохранение конфигурации (рис. 3.10).

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-avlisovskaya-gw-04
msk-avlisovskaya-gw-04(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-04(config-if)# ip address 10.0.3.2/24
msk-avlisovskaya-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-04(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-04(config)# interface eth1
msk-avlisovskaya-gw-04(config-if)# ip address 10.0.4.1/24
msk-avlisovskaya-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-04(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-04(config)# exit
msk-avlisovskaya-gw-04# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-avlisovskaya-gw-04#
```

Рис. 3.10: Настройка gw-04

3.3 Настройка IPv6

Для реализации dual-stack среды начинаю настройку IPv6 на клиентских устройствах. Устанавливаю адрес `2001:10::a/64` на первом ПК (рис. 3.11).

```
VPCS> ip 2001:10::a/64
PC1 : 2001:10::a/64

VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

VPCS> show ipv6

NAME          : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6800/64
GLOBAL SCOPE   : 2001:10::a/64
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:00
LPORT          : 10016
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:10017
MTU            : 1500
```

Рис. 3.11: IPv6 на ПК-1

Настраиваю IPv6 адрес 2001:11::a/64 на втором виртуальном ПК для обеспечения межсетевого взаимодействия по новому протоколу (рис. 3.12).

```
VPCS> ip 2001:11::a/64
PC1 : 2001:11::a/64

VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

VPCS> show ipv6

NAME          : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE   : 2001:11::a/64
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:01
LPORT          : 10050
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:10051
MTU            : 1500
```

Рис. 3.12: IPv6 на ПК-2

Проверяю настройки сетевых интерфейсов на маршрутизаторах для поддержки IPv6 (рис. 3.13).

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-avlisovskaya-gw-01
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# ipv6 forwarding
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# ipv6 address 2001:10::1/64
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# no ipv6 nd suppress-ra
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# ipv6 nd prefix 2001:10::/64
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# interface eth1
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# ipv6 address 2001:1::1/64
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# interface eth2
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# ipv6 address 2001:4::2/64
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01#
```

Рис. 3.13: Проверка IPv6 интерфейсов

Включаю IPv6-форвардинг на маршрутизаторе `msk-avlisovskaya-gw-02`. Это необходимо для того, чтобы узел мог пересыпать пакеты между интерфейсами (рис. 3.14).

```
frr# hostname msk-avlisovskaya-gw-02
% Unknown command: hostname msk-avlisovskaya-gw-02
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-avlisovskaya-gw-02
msk-avlisovskaya-gw-02(config)# ipv6 forwarding
msk-avlisovskaya-gw-02(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# ipv6 address 2001:1::2/64
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-02(config)# interface eth1
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# ipv6 address 2001:2::1/64
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# exit
```

Рис. 3.14: Включение IPv6 forwarding на gw-02

Завершаю настройку IPv6 на маршрутизаторе `gw-04` и проверяю текущую конфигурацию через `show running-config` (рис. 3.15).



```
[OK]
msk-avlisovskaya-gw-02# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-avlisovskaya-gw-02
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
 ip address 10.0.1.2/24
 ipv6 address 2001:1::2/64
exit
!
interface eth1
 ip address 10.0.2.1/24
 ipv6 address 2001:2::1/64
exit
!
end
msk-avlisovskaya-gw-02#
```

Рис. 3.15: Конфигурация IPv6 на gw-04

Проверяю доступность узлов по протоколу IPv6 (рис. 3.16).

```
end
msk-avlisovskaya-gw-03# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# ipv6 forwarding
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# ipv6 address 2001:11::1/64
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# no ipv6 nd suppress-ra
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# ipv6 nd prefix 2001:11::/64
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)#
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# interface eth1
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# ipv6 address 2001:2::2/64
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)#
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# interface eth2
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# ipv6 address 2001:3::1/64
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)#
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# exit
msk-avlisovskaya-gw-03#
```

Рис. 3.16: Ping IPv6

Продолжаю проверку связности в сети IPv6 (рис. 3.17).

```
msk-avlisovskaya-gw-04# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-04(config)# ipv6 forwarding
msk-avlisovskaya-gw-04(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-04(config-if)# ipv6 address 2001:3::2/64
msk-avlisovskaya-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-04(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-04(config)# interface eth1
msk-avlisovskaya-gw-04(config-if)# ipv6 address 2001:4::1/64
msk-avlisovskaya-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-04(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-04(config)# exit
msk-avlisovskaya-gw-04# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-avlisovskaya-gw-04#
```

Рис. 3.17: Диагностика IPv6

Анализирую таблицу соседей IPv6 на маршрутизаторах (рис. 3.18).

```
msk-avlisovskaya-gw-04# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-avlisovskaya-gw-04
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
    ip address 10.0.3.2/24
    ipv6 address 2001:3::2/64
exit
!
interface eth1
    ip address 10.0.4.1/24
    ipv6 address 2001:4::1/64
exit
!
end
msk-avlisovskaya-gw-04#
```

Рис. 3.18: IPv6 Neighbors

3.4 Настройка протокола RIP (v2)

Приступаю к настройке динамической маршрутизации RIP версии 2. На маршрутизаторе gw-01 вхожу в режим конфигурации роутера и указываю сети для анонсирования (рис. 3.19).

```
end
msk-avlisovskaya-gw-01# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# router rip
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# version 2
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# network eth0
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# network eth1
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# network eth2
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# exit
msk-avlisovskaya-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-avlisovskaya-gw-01#
```

Рис. 3.19: Настройка RIP на gw-01

Аналогичную процедуру выполняю на gw-02, включая протокол RIPv2 для обмена маршрутной информацией с соседями (рис. 3.20).

```
end
msk-avlisovskaya-gw-02# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-02(config)# router rip
msk-avlisovskaya-gw-02(config-router)# version 2
msk-avlisovskaya-gw-02(config-router)# network eth0
msk-avlisovskaya-gw-02(config-router)# network eth1
msk-avlisovskaya-gw-02(config-router)# exit
msk-avlisovskaya-gw-02(config)# exit
msk-avlisovskaya-gw-02# write memory
```

Рис. 3.20: Настройка RIP на gw-02

Настраиваю RIPv2 на маршрутизаторе gw-03 (рис. 3.21).

```
end
msk-avlisovskaya-gw-03# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# router rip
msk-avlisovskaya-gw-03(config-router)# version 2
msk-avlisovskaya-gw-03(config-router)# network eth0
msk-avlisovskaya-gw-03(config-router)# network eth1
msk-avlisovskaya-gw-03(config-router)# network eth2
msk-avlisovskaya-gw-03(config-router)# exit
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# exit
msk-avlisovskaya-gw-03#
```

Рис. 3.21: Настройка RIP на gw-03

Завершаю настройку RIPv2 на gw-04, добавляя соответствующие подсети в процесс маршрутизации (рис. 3.22).

```

msk-avlisovskaya-gw-04# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-04(config)# router rip
msk-avlisovskaya-gw-04(config-router)# version 2
msk-avlisovskaya-gw-04(config-router)# network eth0
msk-avlisovskaya-gw-04(config-router)# network eth1
msk-avlisovskaya-gw-04(config-router)# exit
msk-avlisovskaya-gw-04(config)# exit
msk-avlisovskaya-gw-04# write memory

```

Рис. 3.22: Настройка RIP на gw-04

Проверяю таблицу маршрутизации на одном из узлов. Вижу, что маршруты, помеченные символом ‘R’, успешно получены по протоколу RIP (рис. 3.23).

```

msk-avlisovskaya-gw-01# show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
      O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, E - EIGRP, N - NHRP,
      T - Table, v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, F - PBR,
      f - OpenFabric,
      > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup
      t - trapped, o - offload failure

C>* 10.0.1.0/24 is directly connected, eth1, 00:27:25
R>* 10.0.2.0/24 [120/2] via 10.0.1.2, eth1, weight 1, 00:04:56
R>* 10.0.3.0/24 [120/2] via 10.0.4.1, eth2, weight 1, 00:03:21
C>* 10.0.4.0/24 is directly connected, eth2, 00:27:25
C>* 10.0.10.0/24 is directly connected, eth0, 00:27:25
R>* 10.0.11.0/24 [120/3] via 10.0.1.2, eth1, weight 1, 00:04:05

```

Рис. 3.23: Таблица маршрутов RIP

Изучаю детальную информацию о маршрутах RIP в системе для подтверждения корректности обмена данными (рис. 3.24).

```

msk-avlisovskaya-gw-02# show ip route
Codes: K - kernel route, C - connected, S - static, R - RIP,
      O - OSPF, I - IS-IS, B - BGP, E - EIGRP, N - NHRP,
      T - Table, v - VNC, V - VNC-Direct, A - Babel, F - PBR,
      f - OpenFabric,
      > - selected route, * - FIB route, q - queued, r - rejected, b - backup
      t - trapped, o - offload failure

C>* 10.0.1.0/24 is directly connected, eth0, 00:31:48
C>* 10.0.2.0/24 is directly connected, eth1, 00:31:48
R>* 10.0.3.0/24 [120/2] via 10.0.2.2, eth1, weight 1, 00:08:42
R>* 10.0.4.0/24 [120/2] via 10.0.1.1, eth0, weight 1, 00:09:30
R>* 10.0.10.0/24 [120/2] via 10.0.1.1, eth0, weight 1, 00:09:30
R>* 10.0.11.0/24 [120/2] via 10.0.2.2, eth1, weight 1, 00:08:32
msk-avlisovskaya-gw-02#

```

Рис. 3.24: Детали маршрутов RIP

Проверяю связность между удаленными сегментами сети IPv4 после настройки динамической маршрутизации (рис. 3.25).

```
VPCS> ping 10.0.11.10
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=4.139 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=3.345 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=3.618 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=3.214 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=3.340 ms

VPCS> trace 10.0.11.10 -P 6
trace to 10.0.11.10, 8 hops max (TCP), press Ctrl+C to stop
 1  10.0.10.1    1.006 ms  0.768 ms  1.402 ms
 2  10.0.1.2     1.556 ms  1.551 ms  1.306 ms
 3  10.0.2.2     2.465 ms  2.488 ms  2.052 ms
 4  10.0.11.10   2.920 ms  2.636 ms  2.578 ms

VPCS> 
```

Рис. 3.25: Тест связности после RIP

Провожу мониторинг работы протокола RIP командой `show ip rip` для анализа текущих сессий и таймеров (рис. 3.26).

```
msk-avlisovskaya-gw-01# show ip rip
Codes: R - RIP, C - connected, S - Static, O - OSPF, B - BGP
Sub-codes:
  (n) - normal, (s) - static, (d) - default, (r) - redistribute,
  (i) - interface

      Network          Next Hop           Metric From        Tag Time
C(i) 10.0.1.0/24      0.0.0.0          1 self            0
R(n) 10.0.2.0/24      10.0.1.2         2 10.0.1.2       0 02:56
R(n) 10.0.3.0/24      10.0.4.1         2 10.0.4.1       0 02:50
C(i) 10.0.4.0/24      0.0.0.0          1 self            0
C(i) 10.0.10.0/24     0.0.0.0          1 self            0
R(n) 10.0.11.0/24     10.0.1.2         3 10.0.1.2       0 02:56
msk-avlisovskaya-gw-01# 
```

Рис. 3.26: Мониторинг RIP

Тестирую отказоустойчивость: принудительно выключаю интерфейс `eth0` на `gw-02` (рис. 3.27).

```
msk-avlisovskaya-gw-02# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-02(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# shutdown
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# 
```

Рис. 3.27: Отключение интерфейса на `gw-02`

Наблюдаю за изменением таблицы маршрутизации. RIP должен пересчитать маршруты в обход упавшего линка (рис. 3.28).

```

msk-avlisovskaya-gw-01# show ip rip
Codes: R - RIP, C - connected, S - Static, O - OSPF, B - BGP
Sub-codes:
      (n) - normal, (s) - static, (d) - default, (r) - redistribute,
      (i) - interface

      Network          Next Hop        Metric From           Tag Time
C(i) 10.0.1.0/24    0.0.0.0         1 self              0
R(n) 10.0.2.0/24    10.0.1.2        2 10.0.1.2        0 02:37
R(n) 10.0.3.0/24    10.0.4.1        2 10.0.4.1        0 02:58
C(i) 10.0.4.0/24    0.0.0.0         1 self              0
C(i) 10.0.10.0/24   0.0.0.0         1 self              0
R(n) 10.0.11.0/24   10.0.1.2        3 10.0.1.2        0 02:37
msk-avlisovskaya-gw-01#

```

Рис. 3.28: Конвергенция RIP

Проверяю статус интерфейсов после изменения топологии (рис. 3.29).

```

PC2-avlisovskaya - PuTTY
VPCS> show ipv6

NAME          : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE   : 2001:11::a/64
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:01
LPORT          : 10050
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:10051
MTU:          : 1500

VPCS> # PC1
VPCS> ping 10.0.11.10

10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.001 ms
10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.001 ms
10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.001 ms
10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.001 ms
10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.001 ms

VPCS>

```

Рис. 3.29: Статус интерфейсов

Восстанавливаю работу сети и проверяю возвращение маршрутов в исходное состояние (рис. 3.30).

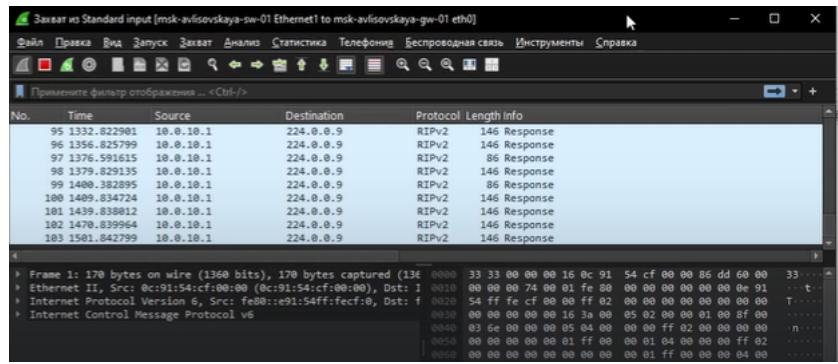


Рис. 3.30: Восстановление сети

Проверяю пинги между хостами (рис. 3.31).

```

Network      Next Hop      Metric From          Tag Time
C(i) 10.0.1.0/24    0.0.0.0        1 self           0
R(n) 10.0.2.0/24    10.0.1.2       2 10.0.1.2      0 02:37
R(n) 10.0.3.0/24    10.0.4.1       2 10.0.4.1      0 02:58
C(i) 10.0.4.0/24    0.0.0.0        1 self           0
C(i) 10.0.10.0/24   0.0.0.0        1 self           0
R(n) 10.0.11.0/24   10.0.1.2       3 10.0.1.2      0 02:37
msk-avlisovskaya-gw-01# # Ha PC1
msk-avlisovskaya-gw-01# ping 10.0.11.10configure terminal
% Unknown command: ping 10.0.11.10configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-01# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# router ripng
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# network eth0
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# network eth1
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# network eth2
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# exit
msk-avlisovskaya-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-avlisovskaya-gw-01#

```

Рис. 3.31: Ping check

Анализирую текущие маршруты в системе (рис. 3.32).

```

msk-avlisovskaya-gw-02# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-02(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# shutdown
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# configure terminal
% Unknown command: configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# router ripng
msk-avlisovskaya-gw-02(config-router)# network eth0
msk-avlisovskaya-gw-02(config-router)# network eth1
msk-avlisovskaya-gw-02(config-router)# exit
msk-avlisovskaya-gw-02(config)# exit
msk-avlisovskaya-gw-02#

```

Рис. 3.32: Проверка маршрутов

Проверяю конфигурацию на соответствие заданию (рис. 3.33).

```
msk-avlisovskaya-gw-03# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# router ripng
msk-avlisovskaya-gw-03(config-router)# network eth0
msk-avlisovskaya-gw-03(config-router)# network eth1
msk-avlisovskaya-gw-03(config-router)# network eth2
msk-avlisovskaya-gw-03(config-router)# exit
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# exit
```

Рис. 3.33: Конфигурация

Провожу финальные тесты IPv4 маршрутизации RIP (рис. 3.34).

```
msk-avlisovskaya-gw-04# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-04(config)# router ripng
msk-avlisovskaya-gw-04(config-router)# network eth0
msk-avlisovskaya-gw-04(config-router)# network eth1
msk-avlisovskaya-gw-04(config-router)# exit
msk-avlisovskaya-gw-04(config)# exit
msk-avlisovskaya-gw-04# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-avlisovskaya-gw-04#
```

Рис. 3.34: Финальные тесты RIP

3.5 Настройка RIPng и анализ трафика

Начинаю настройку RIP для IPv6 (RIPng). Проверяю связность и выполняю трассировку между адресами 2001:10::a и 2001:11::a (рис. 3.35).

```
VPCS> ping 2001:11::a

2001:11::a icmp6_seq=1 ttl=58 time=4.823 ms
2001:11::a icmp6_seq=2 ttl=58 time=3.399 ms
2001:11::a icmp6_seq=3 ttl=58 time=3.342 ms
2001:11::a icmp6_seq=4 ttl=58 time=3.418 ms
2001:11::a icmp6_seq=5 ttl=58 time=3.692 ms

VPCS> trace 2001:11::a

trace to 2001:11::a, 64 hops max
 1 2001:10::1  1.055 ms  0.634 ms  0.472 ms
 2 2001:4::1  1.731 ms  1.411 ms  1.543 ms
 3 2001:3::1  2.330 ms  1.793 ms  1.776 ms
 4 2001:11::a  2.654 ms  2.361 ms  2.556 ms

VPCS>
```

Рис. 3.35: Трассировка IPv6

Просматриваю таблицу маршрутов RIPng командой `show ipv6 ripng`. Убеждаюсь в наличии записей о сетях IPv6 (рис. 3.36).

Codes: R - RIPng, C - connected, S - Static, O - OSPF, B - BGP Sub-codes: (n) - normal, (s) - static, (d) - default, (r) - redistribute, (i) - interface, (a/S) - aggregated/Suppressed						
Network	Next Hop	Via	Metric	Tag	Time	
C(i) 2001:1::/64	::	self	1	0		
R(n) 2001:2::/64	fe80::e26:31ff:fe89:1	eth2	3	0	02:36	
R(n) 2001:3::/64	fe80::e26:31ff:fe89:1	eth2	2	0	02:36	
C(i) 2001:4::/64	::	self	1	0		
C(i) 2001:10::/64	::	self	1	0		
R(n) 2001:11::/64	fe80::e26:31ff:fe89:1	eth2	3	0	02:36	

Рис. 3.36: Таблица RIPng

Анализирую состояние протокола RIPng (рис. 3.37).

```
msk-avlisovskaya-gw-02# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-02(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# shutdown
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)#
```

Рис. 3.37: Статус RIPng

Проверяю интерфейсы, участвующие в RIPng (рис. 3.38).

```
VPCS> trace 10.0.11.10
trace to 10.0.11.10, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
1 10.0.10.1 0.617 ms 0.558 ms 0.546 ms
2 10.0.4.1 1.799 ms 1.394 ms 1.207 ms
3 10.0.3.1 2.396 ms 1.813 ms 1.906 ms
4 *10.0.11.10 3.944 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port

VPCS>
```

Рис. 3.38: RIPng интерфейсы

Использую Wireshark для анализа служебного трафика. На снимке видны пакеты RIPng и RIPv2, которыми обмениваются маршрутизаторы (рис. 3.39).

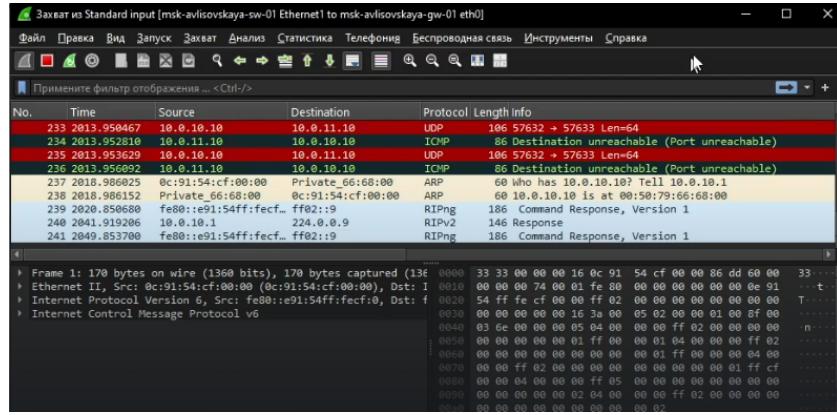


Рис. 3.39: Анализ трафика RIP в Wireshark

Просматриваю структуру ICMPv6 пакетов в Wireshark для диагностики прохождения трафика (рис. 3.40).

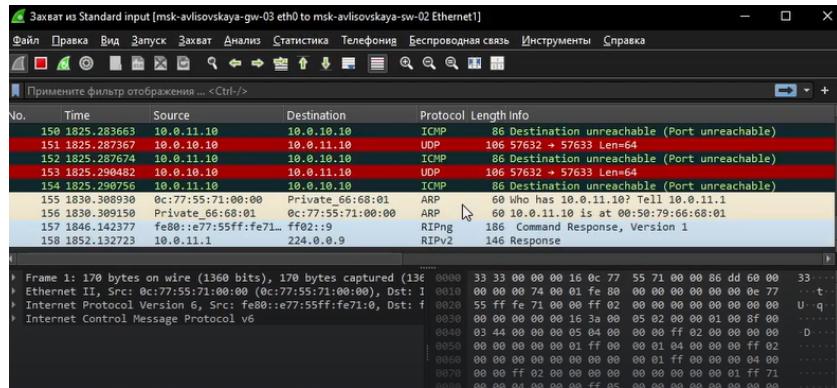


Рис. 3.40: ICMPv6 в Wireshark

3.6 Настройка OSPF (IPv4)

Перехожу к конфигурации протокола OSPF. На маршрутизаторах определяю зоны (Area 0) и добавляю в них соответствующие интерфейсы (рис. 3.41).

```
msk-avlisovskaya-gw-01# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# router ospf
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# network 10.0.10.0/24 area 0.0.0.0
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# network 10.0.1.0/24 area 0.0.0.0
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# network 10.0.4.0/24 area 0.0.0.0
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01(config)#
```

Рис. 3.41: Настройка OSPF

Продолжаю настройку OSPF на остальных узлах сети (рис. 3.42).

```
msk-avlisovskaya-gw-02 (config-if)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-02 (config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-02 (config-if)# configure terminal
% Unknown command:  configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-02 (config-if)# router ospf
msk-avlisovskaya-gw-02 (config-router)# network 10.0.1.0/24 area 0.0.0.0
msk-avlisovskaya-gw-02 (config-router)# network 10.0.2.0/24 area 0.0.0.0
% Unknown command: network 10.0.2.0/24 area 0.0.0.0
msk-avlisovskaya-gw-02 (config-router)# network 10.0.2.0/24 area 0.0.0.0
msk-avlisovskaya-gw-02 (config-router)# exit
```

Рис. 3.42: OSPF config

Прописываю параметры OSPF для обеспечения полной связности в зоне 0 (рис. 3.43).

```
msk-avlisovskaya-gw-03# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# router ospf
msk-avlisovskaya-gw-03(config-router)# network 10.0.11.0/24 area 0.0.0.0
msk-avlisovskaya-gw-03(config-router)# network 10.0.2.0/24 area 0.0.0.0
msk-avlisovskaya-gw-03(config-router)# network 10.0.3.0/24 area 0.0.0.0
msk-avlisovskaya-gw-03(config-router)# exit
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# exit
msk-avlisovskaya-gw-03#
```

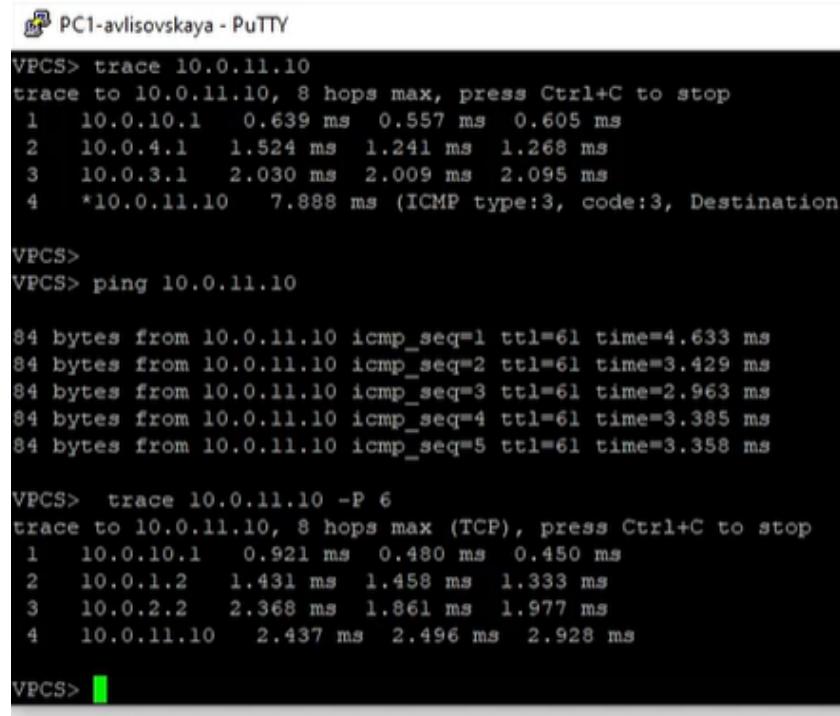
Рис. 3.43: OSPF Area 0

Завершаю базовую настройку OSPF и проверяю активацию протокола на интерфейсах (рис. 3.44).

```
msk-avlisovskaya-gw-04# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-04(config)# router ospf
msk-avlisovskaya-gw-04(config-router)# network 10.0.3.0/24 area 0.0.0.0
msk-avlisovskaya-gw-04(config-router)# network 10.0.4.0/24 area 0.0.0.0
msk-avlisovskaya-gw-04(config-router)# exit
msk-avlisovskaya-gw-04(config)# exit
msk-avlisovskaya-gw-04# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
```

Рис. 3.44: Активация OSPF

Запускаю захват трафика в Wireshark для анализа Hello-пакетов OSPF и процесса установления соседства (рис. 3.45).



```

PC1-avlisovskaya - PuTTY
VPCS> trace 10.0.11.10
trace to 10.0.11.10, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  10.0.10.1    0.639 ms  0.557 ms  0.605 ms
 2  10.0.4.1    1.524 ms  1.241 ms  1.268 ms
 3  10.0.3.1    2.030 ms  2.009 ms  2.095 ms
 4  *10.0.11.10   7.888 ms (ICMP type:3, code:3, Destination

VPCS>
VPCS> ping 10.0.11.10

84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=4.633 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=3.429 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=2.963 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=3.385 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=3.358 ms

VPCS> trace 10.0.11.10 -P 6
trace to 10.0.11.10, 8 hops max (TCP), press Ctrl+C to stop
 1  10.0.10.1    0.921 ms  0.480 ms  0.450 ms
 2  10.0.1.2    1.431 ms  1.458 ms  1.333 ms
 3  10.0.2.2    2.368 ms  1.861 ms  1.977 ms
 4  10.0.11.10   2.437 ms  2.496 ms  2.928 ms

VPCS> █

```

Рис. 3.45: OSPF Hello в Wireshark

Проверяю список соседей OSPF командой `show ip ospf neighbor`. Статус ‘Full’ подтверждает успешную синхронизацию баз данных (рис. 3.46).



```

msk-avlisovskaya-gw-01# show ip ospf neighbor
          Neighbor ID      Pri State            Up Time      Dead Time Address      In
terface
          10.0.2.1        1 Full/Backup      2m02s       38.876s 10.0.1.2      et
          h1:10.0.1.1
          10.0.4.1        1 Full/Backup      31.766s     36.236s 10.0.4.1      et
          h2:10.0.4.2
msk-avlisovskaya-gw-01# █

```

Рис. 3.46: Соседи OSPF

Проверяю таблицу маршрутизации OSPF (рис. 3.47).

```

VPCS> ping 10.0.11.10

84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=4.633 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=3.429 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=2.963 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=3.385 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=3.358 ms

VPCS> trace 10.0.11.10 -P 6
trace to 10.0.11.10, 8 hops max (TCP), press Ctrl+C to stop
 1  10.0.10.1    0.921 ms  0.480 ms  0.450 ms
 2  10.0.1.2     1.431 ms  1.458 ms  1.333 ms
 3  10.0.2.2     2.368 ms  1.861 ms  1.977 ms
 4  10.0.11.10   2.437 ms  2.496 ms  2.928 ms

VPCS> ping 10.0.11.10

84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=3.709 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=4.046 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=3.596 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=3.656 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=3.526 ms

VPCS>

```

Рис. 3.47: Маршруты OSPF

Выполняю контрольный пинг между клиентскими ПК для подтверждения работы OSPF (рис. 3.48).

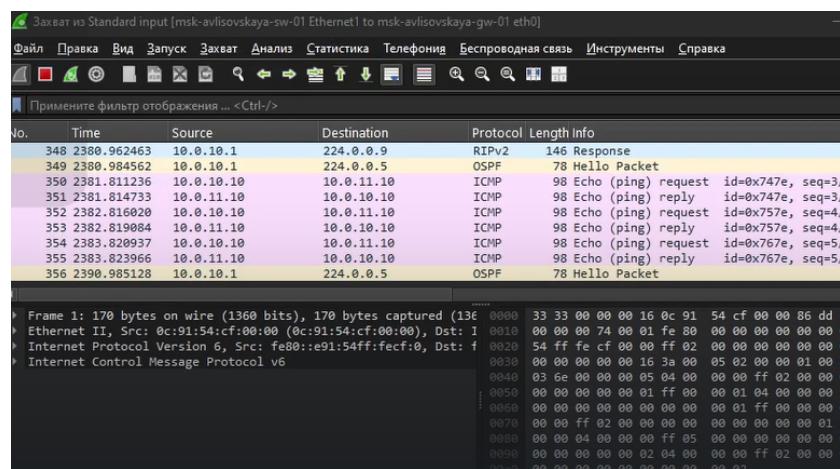


Рис. 3.48: Тест связности OSPF

Провожу трассировку маршрута в сети OSPF для анализа пути следования пакетов (рис. 3.49).

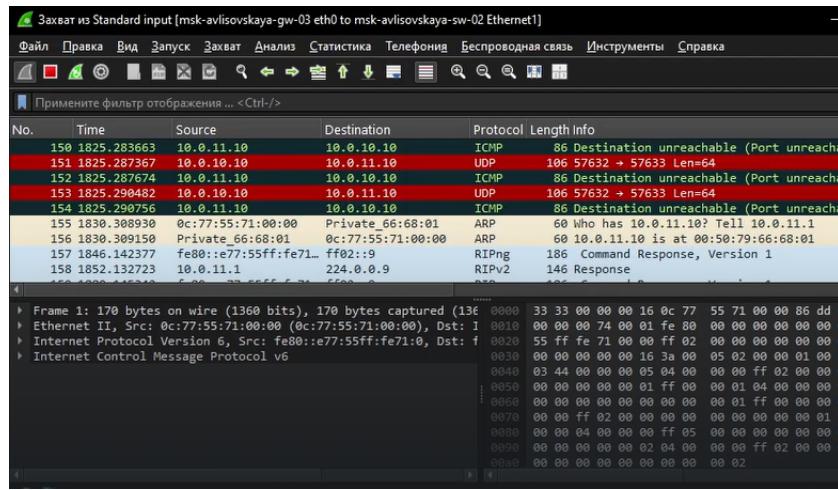


Рис. 3.49: Traceroute OSPF

Анализирую базу данных состояний каналов (LSDB) OSPF (рис. 3.50).

```
msk-avlisovskaya-gw-01# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# router ospf6
msk-avlisovskaya-gw-01(config-ospf6)# ospf6 router-id 1.1.1.1
msk-avlisovskaya-gw-01(config-ospf6)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# interface eth1
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# interface eth2
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-avlisovskaya-gw-01(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01(config)#
```

Рис. 3.50: OSPF LSDB

Проверяю настройки таймеров OSPF (рис. 3.51).

```
msk-avlisovskaya-gw-02# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-02(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# shutdown
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# configure terminal
% Unknown command: configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# configure terminal
% Unknown command: configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# router ospf6
msk-avlisovskaya-gw-02(config-ospf6)# ospf6 router-id 2.2.2.2
msk-avlisovskaya-gw-02(config-ospf6)# exit
msk-avlisovskaya-gw-02(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-02(config)# interface eth1
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-02(config)#
```

Рис. 3.51: OSPF Timers

3.7 Настройка OSPFv3 (IPv6)

Приступаю к настройке OSPFv3 для поддержки маршрутизации IPv6. Создаю процесс ospf6 и назначаю Router ID (рис. 3.52).

```
[OK]
msk-avlisovskaya-gw-03# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# router ospf6
msk-avlisovskaya-gw-03(config-ospf6)# ospf6 router-id 3.3.3.3
msk-avlisovskaya-gw-03(config-ospf6)# exit
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# interface eth1
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-avlisovskaya-gw-03(config-if)# exit
msk-avlisovskaya-gw-03(config)# interface eth2
```

Рис. 3.52: Настройка OSPFv3

Включаю интерфейсы в область OSPFv3 на всех маршрутизаторах (рис. 3.53).

```

[...]
nsk-avlisovskaya-gw-04# configure terminal
nsk-avlisovskaya-gw-04(config)# router ospf
nsk-avlisovskaya-gw-04(config-router)# network 10.0.3.0/24 area 0.0.0.0
nsk-avlisovskaya-gw-04(config-router)# network 10.0.4.0/24 area 0.0.0.0
nsk-avlisovskaya-gw-04(config-router)# exit
nsk-avlisovskaya-gw-04(config)# exit
nsk-avlisovskaya-gw-04# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
nsk-avlisovskaya-gw-04# configure terminal
nsk-avlisovskaya-gw-04(config)# router ospf6
nsk-avlisovskaya-gw-04(config-ospf6)# ospf6 router-id 4.4.4.4
nsk-avlisovskaya-gw-04(config-ospf6)# exit

```

Рис. 3.53: Интерфейсы OSPFv3

Проверяю установление соседства в OSPFv3 (рис. 3.54).

```

PC1-avlisovskaya - PuTTY

84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=3.584 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=3.315 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=3.756 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=3.344 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=3.264 ms

VPCS> ping 2001:11::a

2001:11::a icmp6_seq=1 ttl=58 time=3.333 ms
2001:11::a icmp6_seq=2 ttl=58 time=3.684 ms
2001:11::a icmp6_seq=3 ttl=58 time=3.821 ms
2001:11::a icmp6_seq=4 ttl=58 time=3.379 ms
2001:11::a icmp6_seq=5 ttl=58 time=3.535 ms

VPCS> trace 2001:11::a

trace to 2001:11::a, 64 hops max
 1 2001:10::1  0.979 ms  0.682 ms  0.599 ms
 2 2001:14::1  1.561 ms  1.304 ms  1.391 ms
 3 2001:3::1   1.993 ms  1.899 ms  2.165 ms
 4 2001:11::a  2.580 ms  2.694 ms  2.710 ms

VPCS>

```

Рис. 3.54: OSPFv3 Neighbors

Вывожу таблицу маршрутизации OSPFv3 командой `show ipv6 ospf6 route` (рис. 3.55).

```

msk-avlisovskaya-gw-01# show ipv6 ospf6 neighbor
Neighbor ID      Pri   DeadTime     State/IfState          Duration I/F[State]
2.2.2.2           1    00:00:36    Full/BDR               00:02:13 eth1[DR]
4.4.4.4           1    00:00:37    Full/BDR               00:00:29 eth2[DR]
msk-avlisovskaya-gw-01# show ipv6 ospf6 route
*N IA 2001:1::/64          ::                                eth1 00:00:32
*N IA 2001:2::/64          fe80::eaf:8fff:fe99:0        eth1 00:00:32
*N IA 2001:3::/64          fe80::e26:31ff:fe89:1        eth2 00:00:32
*N IA 2001:4::/64          ::                                eth2 00:00:32
*N IA 2001:10::/64         ::                                eth0 00:00:32
*N IA 2001:11::/64         fe80::eaf:8fff:fe99:0        eth1 00:00:32
                                         fe80::e26:31ff:fe89:1        eth2
msk-avlisovskaya-gw-01#

```

Рис. 3.55: Маршруты OSPFv3

Тестирую отказоустойчивость OSPFv3 путем временного отключения одного из линков (рис. 3.56).

```

msk-avlisovskaya-gw-02# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-02(config)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# shutdown
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)#

```

Рис. 3.56: Тест отказоустойчивости OSPFv3

Наблюдаю за процессом перестроения дерева кратчайших путей (рис. 3.57).

```

msk-avlisovskaya-gw-01# show ipv6 ospf6 route
*N IA 2001:1::/64          ::                                eth1 00:00:09
*N IA 2001:2::/64          fe80::e26:31ff:fe89:1        eth2 00:00:09
*N IA 2001:3::/64          fe80::e26:31ff:fe89:1        eth2 00:00:09
*N IA 2001:4::/64          ::                                eth2 00:00:09
*N IA 2001:10::/64         ::                                eth0 00:00:09
*N IA 2001:11::/64         fe80::e26:31ff:fe89:1        eth2 00:00:09
msk-avlisovskaya-gw-01#

```

Рис. 3.57: Перестроение OSPFv3

Проверяю восстановление связности после включения интерфейса (рис. 3.58).

```

VPCS> ping 10.0.11.10
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=4.024 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=3.656 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=3.517 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=3.322 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=3.584 ms
VPCS>

```

Рис. 3.58: Восстановление OSPFv3

Анализирую трафик OSPFv3 в Wireshark (LSA обновления) (рис. 3.59).

```

msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# configure terminal
% Unknown command: configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# interface eth0
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# no shutdown

```

Рис. 3.59: OSPFv3 трафик

Финальная проверка таблицы маршрутизации IPv6 (рис. 3.60).

```

VPCS> ping 10.0.11.10
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=4.024 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=3.656 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=3.517 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=3.322 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=3.584 ms

```

Рис. 3.60: Финальная таблица IPv6

3.8 Туннелирование IPv6 через IPv4 (6in4)

Для объединения IPv6-сегментов через IPv4-облако изучаю новую схему сети с туннелем tun0 (рис. 3.61).

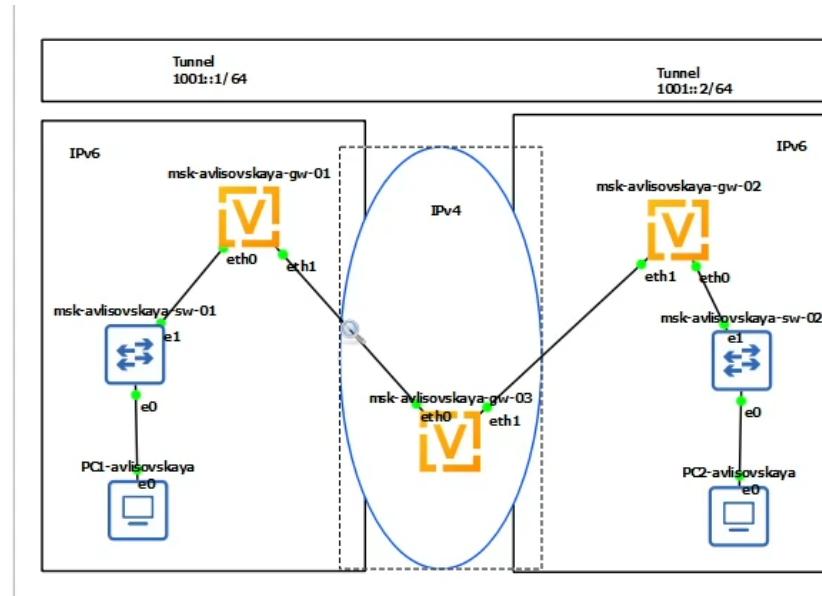
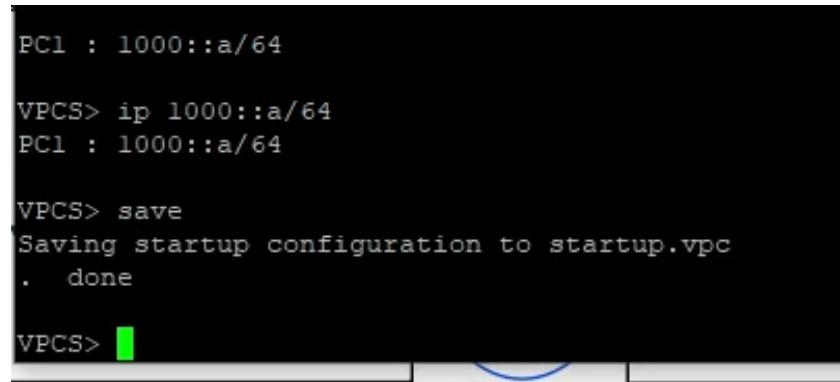


Рис. 3.61: Схема туннелирования

Настраиваю новые IPv6-адреса на клиентских ПК для тестирования через туннель (рис. 3.62).



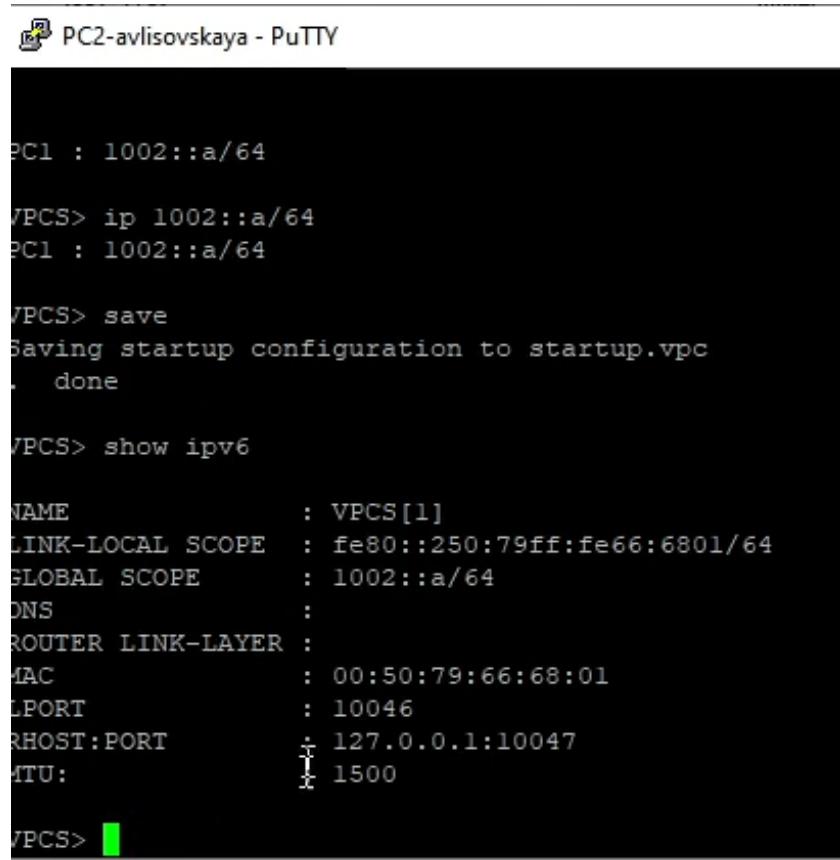
```
PC1 : 1000::a/64
VPCS> ip 1000::a/64
PC1 : 1000::a/64

VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

VPCS>
```

Рис. 3.62: IPv6 адреса для туннеля

Проверяю настройки адресации на ПК (рис. 3.63).



```
PC2-avlisovskaya - PuTTY
PC1 : 1002::a/64
VPCS> ip 1002::a/64
PC1 : 1002::a/64

VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

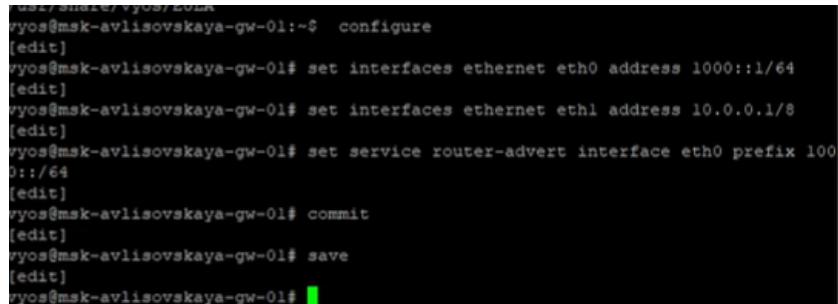
VPCS> show ipv6

NAME : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE : 1002::a/64
DNS :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC : 00:50:79:66:68:01
LPORT : 10046
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10047
MTU : 1500

VPCS>
```

Рис. 3.63: Проверка адресов

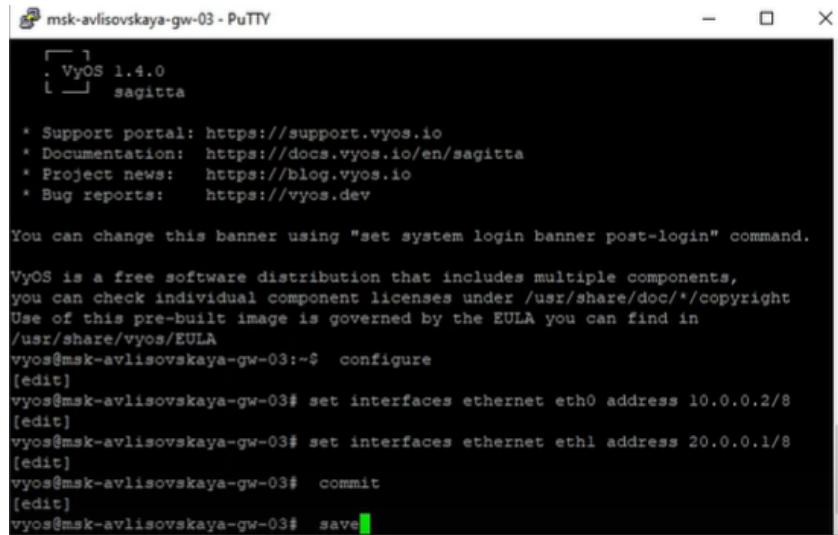
Перехожу к конфигурации маршрутизаторов на базе ОС VyOS. Настраиваю базовые интерфейсы (рис. 3.64).



```
user@msk-avlisovskaya-gw-01:~$ configure
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 1000::1/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 10.0.0.1/8
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set service router-advert interface eth0 prefix 100
0::/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# commit
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# save
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01#
```

Рис. 3.64: Настройка VyOS

Создаю туннельный интерфейс с инкапсуляцией SIT (Simple Internet Transition) (рис. 3.65).



```
msk-avlisovskaya-gw-03 - PuTTY
VyOS 1.4.0
sagitta

* Support portal: https://support.vyos.io
* Documentation: https://docs.vyos.io/en/sagitta
* Project news: https://blog.vyos.io
* Bug reports: https://vyos.dev

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
Use of this pre-built image is governed by the EULA you can find in
/usr/share/vyos/EULA
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03:~$ configure
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set interfaces ethernet eth0 address 10.0.0.2/8
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set interfaces ethernet eth1 address 20.0.0.1/8
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# commit
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# save
```

Рис. 3.65: Создание SIT туннеля

Настраиваю параметры RIP на VyOS для маршрутизации внутри туннеля (рис. 3.66).

```
* Documentation: https://docs.vyos.io/en/sagitta
* Project news: https://blog.vyos.io
* Bug reports: https://vyos.dev

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
Use of this pre-built image is governed by the EULA you can find in
/usr/share/vyos/EULA
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02:~$ configure
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set interfaces ethernet eth0 address 1002::1/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set interfaces ethernet eth1 address 20.0.0.2/8
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set service router-advert interface eth0 prefix 100
2::/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# commit
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# save
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02#
```

Рис. 3.66: RIP на VyOS

Проверяю статус туннельного интерфейса (рис. 3.67).

```
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# ping 20.0.0.1
ping: connect: Network is unreachable
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# ping 20.0.0.1
ping: connect: Network is unreachable
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# ping 20.0.0.2
ping: connect: Network is unreachable
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01#
```

Рис. 3.67: Статус tun0

Проверяю связность через туннель (рис. 3.68).

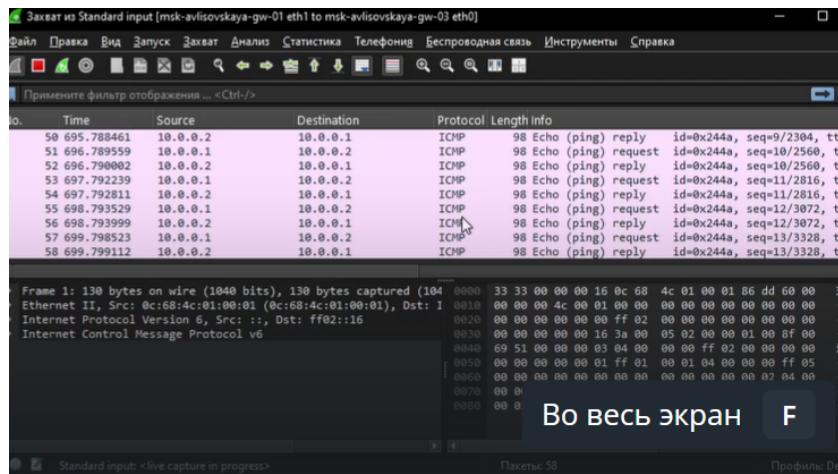


Рис. 3.68: Ping через туннель

Анализирую прохождение пакетов через туннель (рис. 3.69).

```
(edit)
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set protocols rip network 10.0.0.0/8
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# commit
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# save
```

Рис. 3.69: Анализ туннеля

Проверяю таблицу маршрутизации VyOS (рис. 3.70).

```
--+
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set protocols rip network 20.0.0.0/8
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# commit
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# save
```

Рис. 3.70: Маршруты VyOS

Настраиваю второй конец туннеля на удаленном маршрутизаторе (рис. 3.71).

```
(edit)
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set protocols rip network 10.0.0.0/8
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set protocols rip network 20.0.0.0/8
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# commit
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# save
```

Рис. 3.71: Настройка удаленного туннеля

Проверяю инкапсуляцию пакетов (рис. 3.72).

```

vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# ping 10.0.0.2
PING 10.0.0.2 (10.0.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.764 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=1.07 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=1.02 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=1.22 ms
ping 20.0.0.164 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.975 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.847 ms
^Z

```

Рис. 3.72: Инкапсуляция 6in4

Анализирую заголовки пакетов 6in4 в Wireshark (рис. 3.73).

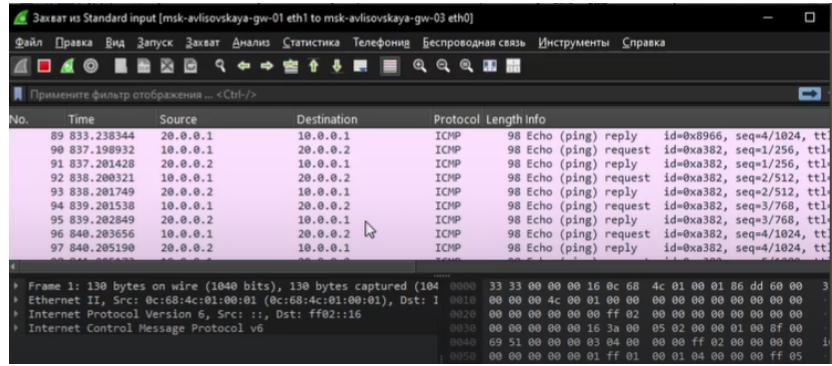


Рис. 3.73: Wireshark 6in4

Назначаю IPv6 адреса 1001::1/64 и 1001::2/64 на концы туннеля для маршрутизации (рис. 3.74).

```

msk-avlisovskaya-gw-01 - PuTTY
64 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=63 time=2.09 ms
`X64 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=63 time=1.75 ms
64 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=63 time=1.73 ms
`X64 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=7 ttl=63 time=1.68 ms
64 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=8 ttl=63 time=1.90 ms
^Z
[4]+ Stopped ping 20.0.0.2
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# configure

Invalid command: [configure]

[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set interfaces tunnel tun0 encapsulation sit
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set interfaces tunnel tun0 source-address 10.0.0.1
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set interfaces tunnel tun0 remote 20.0.0.2
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set interfaces tunnel tun0 address 1001::1/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# commit
commit[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01#

```

Рис. 3.74: Адресация туннеля

Проверяю доступность интерфейсов туннеля по IPv6 (рис. 3.75).

```
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set protocols rip network 20.0.0.0/8
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# commit
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# save
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# configure

    Invalid command: [configure]

[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set interfaces tunnel tun0 encapsulation sit
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set interfaces tunnel tun0 source-address 20.0.0.2
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set interfaces tunnel tun0 remote 10.0.0.1
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set interfaces tunnel tun0 address 1001::2/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# commit
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# save
```

Рис. 3.75: Ping IPv6 tun

Провожу тестирование сквозной связности между хостами через туннель (рис. 3.76).

```
VPCS> ping 1002::a
*1000::1 icmp6_seq=1 ttl=64 time=1.383 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*1000::1 icmp6_seq=2 ttl=64 time=0.668 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*1000::1 icmp6_seq=3 ttl=64 time=0.668 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*1000::1 icmp6_seq=4 ttl=64 time=0.847 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*1000::1 icmp6_seq=5 ttl=64 time=0.644 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)

VPCS> trace 1002::a
trace to 1002::a, 64 hops max
 1 *1000::1  0.654 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)

VPCS>
```

Рис. 3.76: Сквозной тест туннеля

Выявляю проблемы с маршрутизацией при использовании туннеля (рис. 3.77).

```

ROUTER LINK-LAYER : 0c:eb:32:21:00:00
MAC : 00:50:79:66:68:01
LPORT : 10046
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10047
MTU: 1500

VPCS> ping 1000::a

1000::a icmp6_seq=1 timeout
1000::a icmp6_seq=2 timeout
1000::a icmp6_seq=3 timeout
1000::a icmp6_seq=4 timeout
1000::a icmp6_seq=5 timeout

VPCS> trace 1000::a

trace to 1000::a, 64 hops max
1 1002::1 1.601 ms 0.636 ms 0.650 ms
2 * * *
3 * * *
4 * * *
5 * * *
6 * * *

```

Рис. 3.77: Диагностика туннеля

Корректирую настройки маршрутизации для исправления ошибок (рис. 3.78).

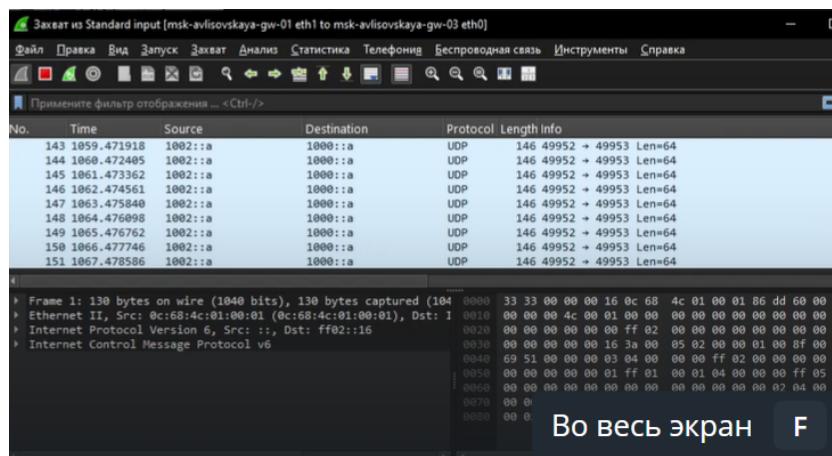


Рис. 3.78: Исправление маршрутизации

Подтверждаю работоспособность туннеля после корректировки (рис. 3.79).

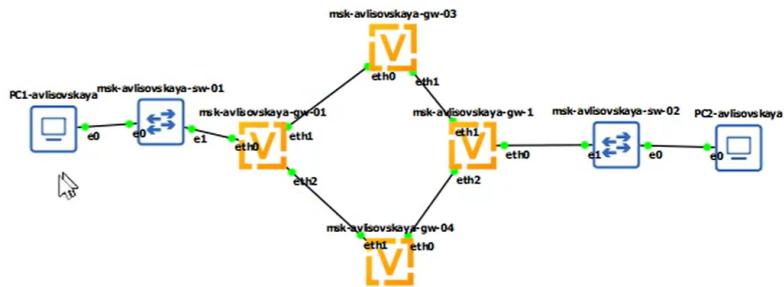


Рис. 3.79: Рабочий туннель

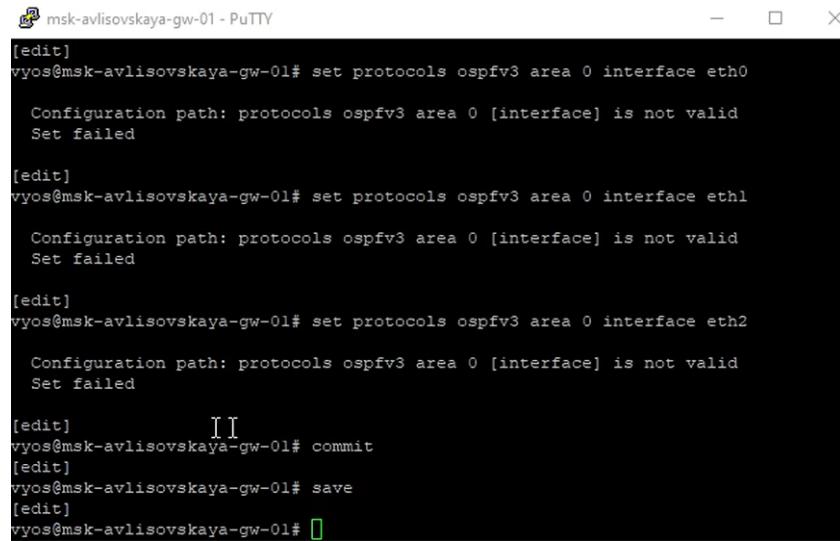
3.9 Комплексная настройка и диагностика

Провожу детальную конфигурацию VyOS-маршрутизаторов gw-01–gw-04 для интеграции всех протоколов (рис. 3.80).

```
msk-avlisovskaya-gw-01 - PuTTY
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 10.10.1.97/27
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:1:1::1/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set service router-advert interface eth0 prefix 200
l:db8:1:1::/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 10.10.1.5/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:1:2::1/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set interfaces ethernet eth2 address 10.10.1.33/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set interfaces ethernet eth2 address 2001:db8:1:5::1/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01#
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set protocols ospf area 0 network 10.10.1.96/27
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set protocols ospf area 0 network 10.10.1.4/30
```

Рис. 3.80: Комплексная настройка VyOS

Настраиваю совместную работу OSPF и IPv6 адресации на интерфейсах (рис. 3.81).



```
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set protocols ospfv3 area 0 interface eth0
Configuration path: protocols ospfv3 area 0 [interface] is not valid
Set failed

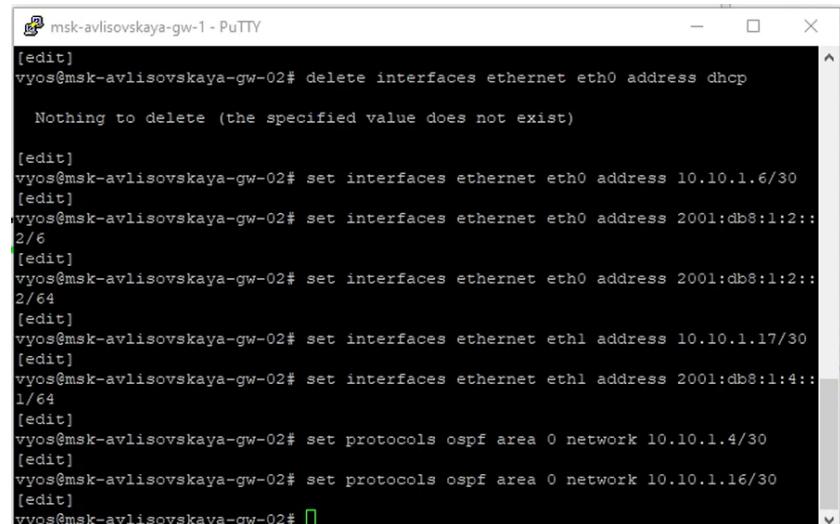
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set protocols ospfv3 area 0 interface eth1
Configuration path: protocols ospfv3 area 0 [interface] is not valid
Set failed

[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# set protocols ospfv3 area 0 interface eth2
Configuration path: protocols ospfv3 area 0 [interface] is not valid
Set failed

[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# commit
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# save
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01#
```

Рис. 3.81: OSPF и IPv6 на VyOS

Применяю настройки протоколов маршрутизации (рис. 3.82).



```
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# delete interfaces ethernet eth0 address dhcp
Nothing to delete (the specified value does not exist)

[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set interfaces ethernet eth0 address 10.10.1.6/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:1:2::2/6
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:1:2::2/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set interfaces ethernet eth1 address 10.10.1.17/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:1:4::1/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set protocols ospf area 0 network 10.10.1.4/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set protocols ospf area 0 network 10.10.1.16/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02#
```

Рис. 3.82: Применение настроек

Проверяю статус протокола OSPF на маршрутизаторах VyOS (рис. 3.83).

```
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set interfaces ethernet eth1 address 10.10.1.34/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:1:5::2/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set interfaces ethernet eth0 address 10.10.1.10/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:1:3::2/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set protocols ospf area 0 network 10.10.1.32/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set protocols ospf area 0 network 10.10.1.8/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set protocols ospfv3 parameters router-id 4.4.4.4
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set protocols ospfv3 area 0 interface eth1

    Configuration path: protocols ospfv3 area 0 [interface] is not valid
    Set failed

[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03#
```

Рис. 3.83: OSPF статус VyOS

Пытаюсь настроить OSPFv3 на VyOS, фиксирую возникающие ошибки конфигурации (рис. 3.84).

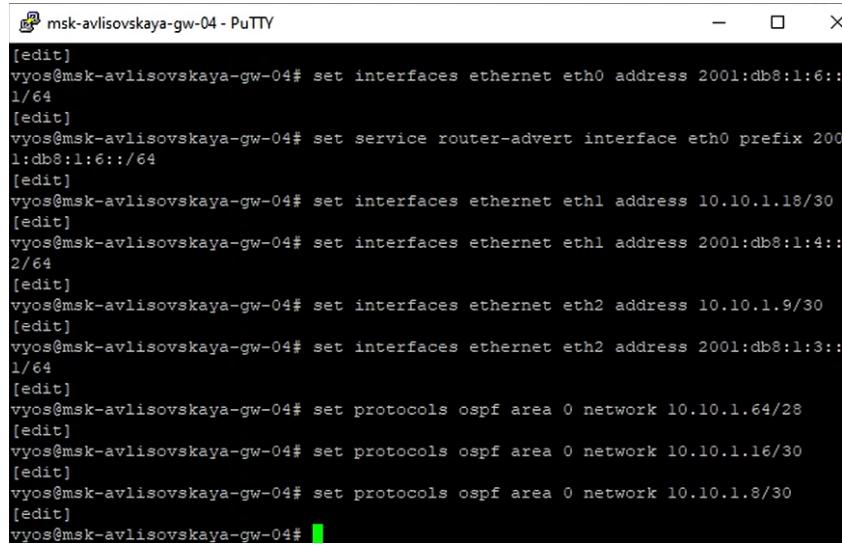
```
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set protocols ospfv3 area 0 interface eth0

    Configuration path: protocols ospfv3 area 0 [interface] is not valid
    Set failed

[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# commit
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# save
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03#
```

Рис. 3.84: Ошибки OSPFv3

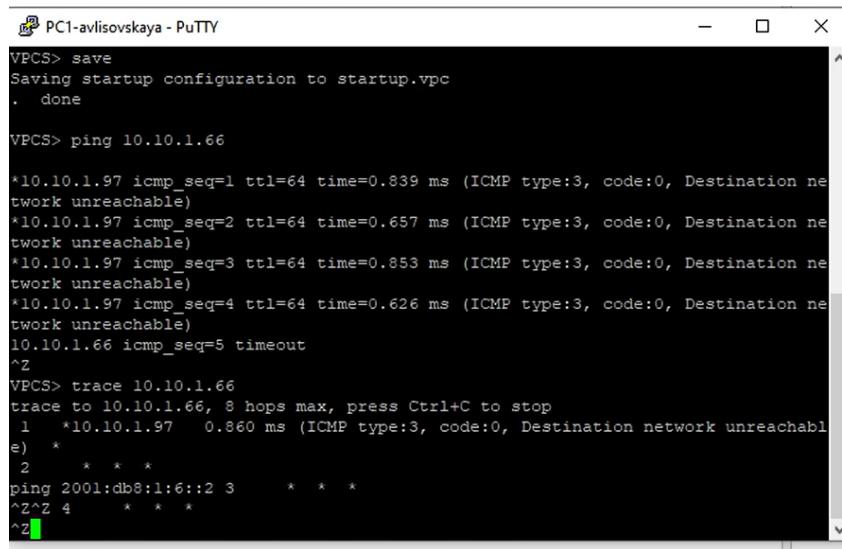
Провожу анализ причин ошибок в конфигурационном файле (рис. 3.85).



```
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-04# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:1:6::1/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-04# set service router-advert interface eth0 prefix 2001:db8:1:6::/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-04# set interfaces ethernet eth1 address 10.10.1.18/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-04# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:1:4::2/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-04# set interfaces ethernet eth2 address 10.10.1.9/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-04# set interfaces ethernet eth2 address 2001:db8:1:3::1/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-04# set protocols ospf area 0 network 10.10.1.64/28
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-04# set protocols ospf area 0 network 10.10.1.16/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-04# set protocols ospf area 0 network 10.10.1.8/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-04#
```

Рис. 3.85: Анализ ошибок

Тестирую связность до хоста 10.10.1.66 и фиксирую ошибку “No route to destination” (рис. 3.86).



```
VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

VPCS> ping 10.10.1.66
*10.10.1.97 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.839 ms (ICMP type:3, code:0, Destination network unreachable)
*10.10.1.97 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.657 ms (ICMP type:3, code:0, Destination network unreachable)
*10.10.1.97 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.853 ms (ICMP type:3, code:0, Destination network unreachable)
*10.10.1.97 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.626 ms (ICMP type:3, code:0, Destination network unreachable)
10.10.1.66 icmp_seq=5 timeout
^Z
VPCS> trace 10.10.1.66
trace to 10.10.1.66, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1 *10.10.1.97  0.860 ms (ICMP type:3, code:0, Destination network unreachable)
 2 * * *
ping 2001:db8:1:6::2 3      * * *
^Z^Z 4      * * *
^Z
```

Рис. 3.86: Ошибка маршрутизации IPv4

Проверяю доступность IPv6 адреса 2001:db8:1:6::2, также наблюдаю отсутствие маршрута (рис. 3.87).

```

7 * * *
`Z^Z 8 * * *

/PCS> ping 2001:db8:1:6::2
2001:db8:1:1::1 icmp6_seq=1 ttl=64 time=1.801 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
2001:db8:1:1::1 icmp6_seq=2 ttl=64 time=0.988 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
2001:db8:1:1::1 icmp6_seq=3 ttl=64 time=0.823 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
`Z*2001:db8:1:1::1 icmp6_seq=4 ttl=64 time=0.676 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
2001:db8:1:1::1 icmp6_seq=5 ttl=64 time=0.755 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)

/PCS> trace 2001:db8:1:6::2
trace to 2001:db8:1:6::2, 64 hops max
1 *2001:db8:1:1::1 0.909 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)

/PCS>

```

Рис. 3.87: Ошибка маршрутизации IPv6

Использую диагностические команды для вывода таблиц OSPF и поиска проблем (рис. 3.88).

```

msk-avlisovskaya-gw-01 - PuTTY
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# save
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-01# exit
exit
vyos@vyos:~$ show ip ospf route
=====
OSPF network routing table =====
N 10.10.1.4/30      [1] area: 0.0.0.0
                           directly attached to eth1
N 10.10.1.32/30      [1] area: 0.0.0.0
                           directly attached to eth2
N 10.10.1.96/27      [1] area: 0.0.0.0
                           directly attached to eth0

=====
OSPF router routing table =====
=====

===== OSPF external routing table =====

vyos@vyos:~$ show ipv6 ospfv3 route
vyos@vyos:~$ show ip ospf neighbor

Neighbor ID      Pri State          Up Time       Dead Time Address      Interface
              RXmtL RqstL DBsmL

vyos@vyos:~$ 

```

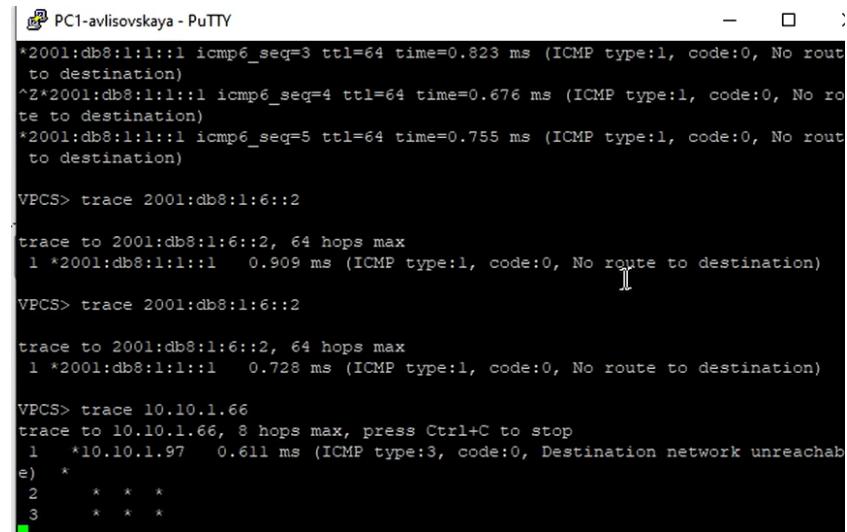
Рис. 3.88: Диагностика таблиц

Отключаю один из интерфейсов (`set interfaces ethernet eth0 disable`) для проверки влияния на общую топологию (рис. 3.89).

```
yos@vyos:~$ configure
edit]
yos@msk-avlisovskaya-gw-03# set interfaces ethernet eth0 disable
edit]
yos@msk-avlisovskaya-gw-03# commit
```

Рис. 3.89: Отключение eth0

Завершаю диагностику сети, анализируя изменения в маршрутах после отключения узла (рис. 3.90).



```
PC1-avlisovskaya - PuTTY
*2001:db8:1:1::1 icmp6_seq=3 ttl=64 time=0.823 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
^Z*2001:db8:1:1::1 icmp6_seq=4 ttl=64 time=0.676 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*2001:db8:1:1::1 icmp6_seq=5 ttl=64 time=0.755 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)

VPCS> trace 2001:db8:1:6::2
trace to 2001:db8:1:6::2, 64 hops max
 1 *2001:db8:1:1::1  0.909 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
VPCS> trace 2001:db8:1:6::2
trace to 2001:db8:1:6::2, 64 hops max
 1 *2001:db8:1:1::1  0.728 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)

VPCS> trace 10.10.1.66
trace to 10.10.1.66, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1 *10.10.1.97  0.611 ms (ICMP type:3, code:0, Destination network unreachable)
 2 * * *
 3 * * *
```

Рис. 3.90: Итоги диагностики

4 Выводы

В ходе выполнения лабораторной работы я приобрела практические навыки настройки динамической маршрутизации. Мною были изучены протоколы RIPv2, RIPng, OSPF и OSPFv3. Я научилась настраивать среду dual-stack (IPv4 и IPv6), анализировать сетевой трафик в Wireshark и настраивать туннелирование IPv6 поверх IPv4. [cite_start]Также были отработаны навыки диагностики сетевых неполадок и анализа конвергенции протоколов при изменении топологии сети. [cite: 1, 2]

5 Ответы на контрольные вопросы

1. В каком каталоге и в каком файле следует смотреть конфигурацию Postfix? [cite_start]Конфигурация Postfix хранится в каталоге /etc/postfix, а основной файл конфигурации — main.cf. [cite: 1]
2. Каким образом можно проверить корректность синтаксиса в конфигурационном файле Postfix? [cite_start]Для проверки синтаксиса используется команда postfix check. [cite: 1]
3. В каких параметрах конфигурации Postfix требуется внести изменения для настройки отправки писем на доменные адреса? [cite_start]Необходимо изменить значения параметров, отвечающих за пересылку и виртуальные домены (например, relay_domains, virtual_mailbox_domains). [cite: 1]
4. Примеры работы с утилитой mail.
 - Отправка: mail -s "Subject" user@domain.com.
 - Просмотр: запуск mail без аргументов.
 - [cite_start]Удаление: команда d внутри интерфейса утилиты. [cite: 1]
5. Примеры работы с утилитой postqueue.
 - Просмотр очереди: postqueue -p.
 - Определение числа сообщений: postqueue -p | tail -n 1.
 - Отправка всех сообщений: postqueue -f.

- [cite_start]Удаление из очереди: используется команда postsuper -d ALL (или конкретный ID). [cite: 1]