

# **Отчет по лабораторной работе №8**

**Дисциплина: Сетевые технологии**

**Иванов Сергей Владимирович**

# **Содержание**

<b>1 Цель работы</b>	<b>7</b>
<b>2 Выполнение лабораторной работы</b>	<b>8</b>
2.1 Настройка динамической маршрутизации в сетях IPv4 и IPv6 . . . . .	8
2.2 Построение туннеля IPv6–IPv4 . . . . .	39
2.3 Задание для самостоятельного выполнения . . . . .	49
<b>3 Выводы</b>	<b>67</b>

# Список иллюстраций

2.1 Таблица адресов сетей . . . . .	8
2.2 Таблица адресации . . . . .	9
2.3 Схема L1 . . . . .	9
2.4 Схема L3 . . . . .	10
2.5 Создание сети . . . . .	10
2.6 Настройка PC1 . . . . .	11
2.7 Настройка PC2 . . . . .	11
2.8 Настройка gw-01 . . . . .	12
2.9 Настройка gw-02 . . . . .	12
2.10 Настройка gw-03 . . . . .	13
2.11 Настройка gw-04 . . . . .	13
2.12 Настройка PC1 . . . . .	14
2.13 Настройка PC2 . . . . .	14
2.14 Настройка gw-01 . . . . .	15
2.15 Настройка gw-02 . . . . .	15
2.16 Настройка gw-03 . . . . .	16
2.17 Настройка gw-04 . . . . .	16
2.18 Настройка gw-01 . . . . .	17
2.19 Настройка gw-02 . . . . .	17
2.20 Настройка gw-03 . . . . .	17
2.21 Настройка gw-04 . . . . .	18
2.22 Проверка настроек rip . . . . .	18
2.23 Проверка настроек rip . . . . .	19
2.24 Проверка настроек rip . . . . .	19
2.25 Проверка настроек rip . . . . .	20
2.26 Отправка пакетов . . . . .	20
2.27 Проверка метрик . . . . .	20
2.28 Отключение интерфейса и проверка метрик . . . . .	21
2.29 Пинг и путь следования . . . . .	21
2.30 Включение интерфейса . . . . .	22
2.31 Маршрутизация на VyOS . . . . .	22
2.32 Захваченный трафик . . . . .	23
2.33 Захваченный трафик . . . . .	23
2.34 Захваченный трафик . . . . .	24
2.35 Настройка gw-01 . . . . .	24
2.36 Настройка gw-02 . . . . .	24
2.37 Настройка gw-03 . . . . .	25

2.38 Настройка gw-04 . . . . .	25
2.39 Отправка пинга . . . . .	25
2.40 Проверка метрик . . . . .	26
2.41 Отключение интерфейса . . . . .	26
2.42 Проверка метрик . . . . .	26
2.43 Отправка пинга . . . . .	27
2.44 Включение интерфейса . . . . .	27
2.45 Отправка пинга . . . . .	27
2.46 Просмотр трафика . . . . .	28
2.47 Просмотр трафика . . . . .	29
2.48 Настройка gw-01 . . . . .	29
2.49 Настройка gw-02 . . . . .	29
2.50 Настройка gw-03 . . . . .	30
2.51 Настройка gw-04 . . . . .	30
2.52 Отправка пинга . . . . .	30
2.53 Проверка таблицы маршрутизации . . . . .	31
2.54 Выключение интерфейса . . . . .	31
2.55 Проверка таблицы маршрутизации . . . . .	31
2.56 Отправка пинга . . . . .	32
2.57 Включение интерфейса . . . . .	32
2.58 Отправка пинга . . . . .	32
2.59 Захваченный трафик . . . . .	33
2.60 Отправка пинга . . . . .	34
2.61 Настройка gw-01 . . . . .	34
2.62 Настройка gw-02 . . . . .	34
2.63 Настройка gw-03 . . . . .	35
2.64 Настройка gw-04 . . . . .	35
2.65 Отправка пинга . . . . .	36
2.66 Таблица маршрутизации . . . . .	36
2.67 Отключение интерфейса . . . . .	36
2.68 Таблица маршрутизации . . . . .	37
2.69 Отправка пинга . . . . .	37
2.70 Включение интерфейса . . . . .	37
2.71 Отправка пинга . . . . .	38
2.72 Просмотр трафика . . . . .	39
2.73 Просмотр трафика . . . . .	39
2.74 Просмотр трафика . . . . .	40
2.75 Настройка PC1 . . . . .	40
2.76 Настройка PC2 . . . . .	41
2.77 Настройка gw-01 . . . . .	41
2.78 Настройка gw-02 . . . . .	41
2.79 Настройка gw-03 . . . . .	42
2.80 Проверка маршрутов . . . . .	42
2.81 Результаты проверки . . . . .	43

2.82 Настройка gw-01 . . . . .	43
2.83 Настройка gw-02 . . . . .	44
2.84 Настройка gw-03 . . . . .	44
2.85 Проверка маршрутов . . . . .	44
2.86 Результаты проверки . . . . .	45
2.87 Создание туннеля . . . . .	45
2.88 Создание туннеля . . . . .	46
2.89 Настройка gw-01 . . . . .	46
2.90 Настройка gw-02 . . . . .	46
2.91 Отправка пинга . . . . .	47
2.92 Отправка пинга . . . . .	47
2.93 Анализ . . . . .	48
2.94 Анализ . . . . .	48
2.95 Таблица адресов сетей . . . . .	49
2.96 Таблица адресации . . . . .	49
2.97 Схема L1 . . . . .	50
2.98 Схема L3 . . . . .	50
2.99 Создание сети . . . . .	50
2.100Настройка PC1 . . . . .	51
2.101Настройка PC2 . . . . .	51
2.102Настройка gw-01 . . . . .	52
2.103Настройка gw-02 . . . . .	52
2.104Настройка gw-03 . . . . .	53
2.105Настройка gw-04 . . . . .	53
2.106Настройка PC1 . . . . .	54
2.107Настройка PC2 . . . . .	54
2.108Настройка gw-01 . . . . .	55
2.109Настройка gw-02 . . . . .	55
2.110Настройка gw-03 . . . . .	55
2.111Настройка gw-04 . . . . .	56
2.112Настройка gw-01 . . . . .	56
2.113Настройка gw-02 . . . . .	57
2.114Настройка gw-03 . . . . .	57
2.115Настройка gw-04 . . . . .	57
2.116Отправка пинга . . . . .	58
2.117Проверка метрик . . . . .	58
2.118Отключение интерфейса и отправка пинга . . . . .	58
2.119Настройка gw-01 . . . . .	59
2.120Настройка gw-02 . . . . .	59
2.121Настройка gw-03 . . . . .	59
2.122Настройка gw-04 . . . . .	60
2.123Отправка пинга . . . . .	60
2.124Проверка метрик . . . . .	60
2.125Отключение интерфейса и отправка пинга . . . . .	61

2.126Настройка gw-01 . . . . .	61
2.127Настройка gw-02 . . . . .	61
2.128Настройка gw-03 . . . . .	62
2.129Настройка gw-04 . . . . .	62
2.130Отправка пинга . . . . .	62
2.131Отключение интерфейса . . . . .	63
2.132Отправка пинга . . . . .	63
2.133Настройка gw-01 . . . . .	63
2.134Настройка gw-02 . . . . .	64
2.135Настройка gw-03 . . . . .	64
2.136Настройка gw-04 . . . . .	64
2.137Отправка пинга . . . . .	65
2.138Отключение интерфейса . . . . .	65
2.139Отправка пинга . . . . .	66

# **1 Цель работы**

Изучение принципов маршрутизации в IPv4- и IPv6-сетях и принципов настройки сетевого оборудования.

## 2 Выполнение лабораторной работы

### 2.1 Настройка динамической маршрутизации в сетях IPv4 и IPv6

Продублируем таблицы адресации. (рис. 1, 2)

Таблица адресов сетей

Устройства	Сеть IPv4	Сеть IPv6
PC1 – gw-01	10.0.10.0/24	2001:10::/64
PC2 – gw-03	10.0.11.0/24	2001:11::/64
gw-01 – gw-02	10.0.1.0/24	2001:1::/64
gw-02 – gw-03	10.0.2.0/24	2001:2::/64
gw-03 – gw-04	10.0.3.0/24	2001:3::/64
gw-04 – gw-01	10.0.4.0/24	2001:4::/64

Рис. 2.1: Таблица адресов сетей

Таблица адресации

Устройство	Интерфейс	Адрес IP/предфикс	Шлюз по умолчанию	Следующее устройство
gw-01	eth0	10.0.10.1/24	n/a	PC1
gw-01	eth0	2001:10::1/64	n/a	PC1
gw-01	eth1	10.0.1.1/24	n/a	gw-02
gw-01	eth1	2001:1::1/64	n/a	gw-02
gw-01	eth2	10.0.4.2/24	n/a	gw-04
gw-01	eth2	2001:4::2/64	n/a	gw-04
gw-02	eth0	10.0.1.2/24	n/a	gw-01
gw-02	eth0	2001:1::2/64	n/a	gw-01
gw-02	eth1	10.0.2.1/24	n/a	gw-03
gw-02	eth1	2001:2::1/64	n/a	gw-03
gw-03	eth0	10.0.11.1/24	n/a	PC2
gw-03	eth0	2001:11::1/64	n/a	PC2
gw-03	eth1	10.0.2.2/24	n/a	gw-02
gw-03	eth1	2001:2::2/64	n/a	gw-02
gw-03	eth2	10.0.3.1/24	n/a	gw-04
gw-03	eth2	2001:3::1/64	n/a	gw-04
gw-04	eth0	10.0.3.2/24	n/a	gw-03
gw-04	eth0	2001:3::2/64	n/a	gw-03
gw-04	eth1	10.0.4.1/24	n/a	gw-01
gw-04	eth1	2001:4::1/64	n/a	gw-01
PC1	NIC	10.0.10.10/24	10.0.10.1	gw-01
PC1	NIC	2001:10::a/64	n/a	gw-01
PC2	NIC	10.0.11.10/24	10.0.11.1	gw-03
PC2	NIC	2001:11::a/64	n/a	gw-03

Рис. 2.2: Таблица адресации

Схема L1 (рис. 3)

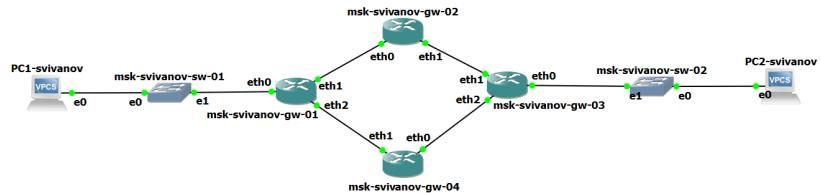


Рис. 2.3: Схема L1

Схема L3 (рис. 4)

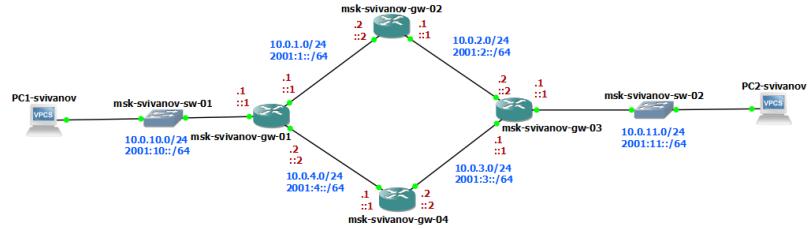


Рис. 2.4: Схема L3

Запустим GNS3 VM и GNS3. Создадим новый проект. В рабочем пространстве разместим и соединим устройства в соответствии с топологией. Используем маршрутизаторы FRR. Измените отображаемые названия устройств. Включим захват трафика на соединении между коммутатором sw-01 и маршрутизатором gw-01, а также между коммутатором sw-02 и маршрутизатором gw-03. (рис. 5)

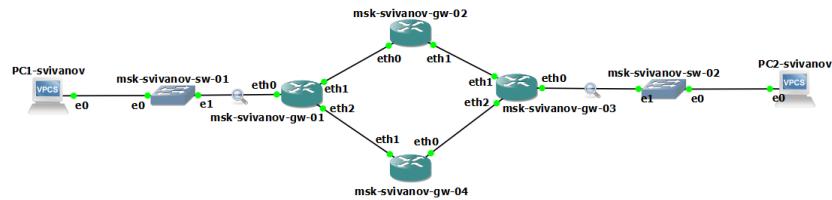


Рис. 2.5: Создание сети

Присвоим IPv4-адреса оконечным устройствам PC1 и PC2: (рис. 6, 7)

```
PC1-svivanov> ip 10.0.10.10/24 10.0.10.1
Checking for duplicate address...
PC1-svivanov : 10.0.10.10 255.255.255.0 gateway 10.0.10.1

PC1-svivanov> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PC1-svivanov> show ip

NAME      : PC1-svivanov[1]
IP/MASK   : 10.0.10.10/24
GATEWAY   : 10.0.10.1
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 20064
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20065
MTU       : 1500

PC1-svivanov> █
```

Рис. 2.6: Настройка PC1

```
PC2-svivanov> ip 10.0.11.10/24 10.0.11.1
Checking for duplicate address...
PC2-svivanov : 10.0.11.10 255.255.255.0 gateway 10.0.11.1

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

PC2-svivanov> show ip

NAME      : PC2-svivanov[1]
IP/MASK   : 10.0.11.10/24
GATEWAY   : 10.0.11.1
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:01
LPORT     : 20082
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20083
MTU       : 1500

PC2-svivanov> █
```

Рис. 2.7: Настройка PC2

Настроим IPv4-адреса на интерфейсах маршрутизаторов: (рис. 8-11)

```
msk-svivanov-gw-01(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-01# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-svivanov-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
```

Рис. 2.8: Настройка gw-01

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

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-svivanov-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
```

Рис. 2.9: Настройка gw-02

```
msk-svivanov-gw-03(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# interface eth2
msk-svivanov-gw-03(config-if)# ip address 10.0.3.1/24
msk-svivanov-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-03(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# exit
msk-svivanov-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-03# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-svivanov-gw-03
service integrated-vtysh-config
!
```

Рис. 2.10: Настройка gw-03

```
msk-svivanov-gw-04(config-if)# ip address 10.0.4.1/24
msk-svivanov-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-04(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-04# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-svivanov-gw-04
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
    ip address 10.0.3.2/24
exit
```

Рис. 2.11: Настройка gw-04

Присвоим IPv6-адреса оконечным устройствам PC1 и PC2: (рис. 12, 13)

```
PC1-svivanov> ip 2001:10::a/64
PC1 : 2001:10::a/64

PC1-svivanov> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PC1-svivanov> show ipv6

NAME          : PC1-svivanov[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          : 20064
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20065
MTU:          : 1500

PC1-svivanov> █
```

Рис. 2.12: Настройка PC1

```
PC2-svivanov> ip 2001:11::a/64
PC1 : 2001:11::a/64

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

PC2-svivanov> show ipv6

NAME          : PC2-svivanov[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          : 20082
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20083
MTU:          : 1500

PC2-svivanov> █
```

Рис. 2.13: Настройка PC2

Настроим IPv6-адреса на интерфейсах маршрутизаторов: (рис. 14-17)

```
msk-svivanov-gw-01(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-01(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-01# show running-config
Building configuration...
.
Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-svivanov-gw-01
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
  ip address 10.0.10.1/24
  ipv6 address 2001:10::1/64
  ipv6 nd prefix 2001:10::/64
  no ipv6 nd suppress-ra
exit
```

Рис. 2.14: Настройка gw-01

```
msk-svivanov-gw-02(config-if)# ipv6 address 2001:1::2/64
msk-svivanov-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-02(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-02(config-if)# ipv6 address 2001:2::1/64
msk-svivanov-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-02(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# exit
msk-svivanov-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-02# show running-config
Building configuration...
.
Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-svivanov-gw-02
service integrated-vtysh-config
!
```

Рис. 2.15: Настройка gw-02

```
msk-svivanov-gw-03(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# exit
msk-svivanov-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-03# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-svivanov-gw-03
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
    ip address 10.0.11.1/24
    ipv6 address 2001:11::1/64
    ipv6 nd prefix 2001:11::/64
    no ipv6 nd suppress-ra
exit
```

Рис. 2.16: Настройка gw-03

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

Current configuration:
!
frr version 8.2.2
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-svivanov-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-svivanov-gw-04#
```

Рис. 2.17: Настройка gw-04

### Настройка динамической маршрутизации по протоколу RIP:

На маршрутизаторах настроим RIP в качестве протокола динамической маршрутизации: (рис. 18-21)

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

Рис. 2.18: Настройка gw-01

```
msk-svivanov-gw-02# configure terminal
msk-svivanov-gw-02(config)# router rip
msk-svivanov-gw-02(config-router)# version 2
msk-svivanov-gw-02(config-router)# network eth0
msk-svivanov-gw-02(config-router)# network eth1
msk-svivanov-gw-02(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# exit
msk-svivanov-gw-02# memory
% Unknown command: memory
msk-svivanov-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-02#
```

Рис. 2.19: Настройка gw-02

```
msk-svivanov-gw-03# configure terminal
msk-svivanov-gw-03(config)# router rip
msk-svivanov-gw-03(config-router)# version 2
msk-svivanov-gw-03(config-router)# network eth0
msk-svivanov-gw-03(config-router)# network eth1
msk-svivanov-gw-03(config-router)# network eth2
msk-svivanov-gw-03(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# exit
msk-svivanov-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-03#
```

Рис. 2.20: Настройка gw-03

```

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

```

Рис. 2.21: Настройка gw-04

Убедимся, что маршрутизация по RIP настроена: (рис. 22-25)

```

msk-svivanov-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 02:45
R(n) 10.0.3.0/24    10.0.4.1         2 10.0.4.1       0 02:56
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 02:45
msk-svivanov-gw-01# show ip rip status
Routing Protocol is "rip"
    Sending updates every 30 seconds with +/-50%, next due in 8 seconds
    Timeout after 180 seconds, garbage collect after 120 seconds
    Outgoing update filter list for all interface is not set
    Incoming update filter list for all interface is not set
    Default redistribution metric is 1
    Redistributing:
        Default version control: send version 2, receive version 2
        Interface      Send  Recv  Key-chain
        -e1.0          0     0

```

Рис. 2.22: Проверка настроек rip

```

R>* 10.0.10.0/24 [120/2] via 10.0.1.1, eth0, weight 1, 00:03:46
R>* 10.0.11.0/24 [120/2] via 10.0.2.2, eth1, weight 1, 00:02:36
msk-sivanov-gw-02# 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
C(i) 10.0.2.0/24      0.0.0.0          1 self            0
R(n) 10.0.3.0/24      10.0.2.2          2 10.0.2.2       0 02:26
R(n) 10.0.4.0/24      10.0.1.1          2 10.0.1.1       0 02:30
R(n) 10.0.10.0/24     10.0.1.1          2 10.0.1.1       0 02:30
R(n) 10.0.11.0/24     10.0.2.2          2 10.0.2.2       0 02:26
msk-sivanov-gw-02# show ip rip status
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds with +/-50%, next due in 14 seconds
  Timeout after 180 seconds, garbage collect after 120 seconds
  Outgoing update filter list for all interface is not set
  Incoming update filter list for all interface is not set
  Default redistribution metric is 1
  Redistributing:
    Default version control: send version 2, receive version 2

```

Рис. 2.23: Проверка настроек rip

```

msk-sivanov-gw-03# 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
R(n) 10.0.1.0/24      10.0.2.1          2 10.0.2.1       0 02:34
C(i) 10.0.2.0/24      0.0.0.0          1 self            0
C(i) 10.0.3.0/24      0.0.0.0          1 self            0
R(n) 10.0.4.0/24      10.0.3.2          2 10.0.3.2       0 02:46
R(n) 10.0.10.0/24     10.0.2.1          3 10.0.2.1       0 02:34
C(i) 10.0.11.0/24     0.0.0.0          1 self            0
msk-sivanov-gw-03# show ip rip status
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds with +/-50%, next due in 17 seconds
  Timeout after 180 seconds, garbage collect after 120 seconds
  Outgoing update filter list for all interface is not set
  Incoming update filter list for all interface is not set
  Default redistribution metric is 1
  Redistributing:
    Default version control: send version 2, receive version 2
      Interface      Send  Recv  Key-chain
        eth0          2      2

```

Рис. 2.24: Проверка настроек rip

```

R>* 10.0.10.0/24 [120/2] via 10.0.4.2, eth1, weight 1, 00:03:15
R>* 10.0.11.0/24 [120/2] via 10.0.3.1, eth0, weight 1, 00:03:17
msk-svivanov-gw-04# 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
R(n) 10.0.1.0/24      10.0.4.2          2 10.0.4.2          0 02:43
R(n) 10.0.2.0/24      10.0.3.1          2 10.0.3.1          0 02:47
C(i) 10.0.3.0/24      0.0.0.0           1 self             0
C(i) 10.0.4.0/24      0.0.0.0           1 self             0
R(n) 10.0.10.0/24     10.0.4.2          2 10.0.4.2          0 02:43
R(n) 10.0.11.0/24     10.0.3.1          2 10.0.3.1          0 02:47
msk-svivanov-gw-04# show ip rip status
Routing Protocol is "rip"
  Sending updates every 30 seconds with +/-50%, next due in 3 seconds
  Timeout after 180 seconds, garbage collect after 120 seconds
  Outgoing update filter list for all interface is not set
  Incoming update filter list for all interface is not set
  Default redistribution metric is 1
  Redistributing:
    Default version control: send version 2, receive version 2

```

Рис. 2.25: Проверка настроек rip

Проверим пути прохождения пакетов. С PC1 пропингуем PC2 и определим путь следования пакетов. Пакеты идут через маршрутизатор gw-02 (рис. 26)

```

PC1-svivanov> ping 10.0.11.10
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=11.111 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=4.249 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=3.318 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=4.617 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=10.784 ms

PC1-svivanov> 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   3.671 ms  2.113 ms  1.137 ms
  2  10.0.1.2   12.166 ms  2.370 ms  2.261 ms
  3  10.0.2.2   4.366 ms  2.535 ms  2.797 ms
  4  10.0.11.10  3.572 ms  2.570 ms  3.350 ms

PC1-svivanov>

```

Рис. 2.26: Отправка пакетов

Проверим метрики протокола RIP: (рис. 27)

```

msk-svivanov-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 02:41
R(n) 10.0.3.0/24      10.0.4.1          2 10.0.4.1          0 02:34
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 02:41
msk-svivanov-gw-01#

```

Рис. 2.27: Проверка метрик

Пакет проходит через маршрутизатор gw-02. Отключим на маршрутизаторе msk-user-gw-02 интерфейс:

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

Проверим метрики протокола RIP: msk-user-gw-01# show ip rip. (рис. 28)

```
msk-svivanov-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 02:30  
R(n) 10.0.3.0/24    10.0.4.1         2 10.0.4.1        0 02:51  
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 02:30  
msk-svivanov-gw-01#
```

Рис. 2.28: Отключение интерфейса и проверка метрик

С PC1 пропингуем PC2 и определим путь следования пакетов. Примерное время восстановления маршрута - 1 минута. Видим, что маршрут изменился и пакеты идут через gw-04 маршрутизатор. (рис. 29)

```
PC1-svivanov> ping 10.0.11.10  
  
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=6.477 ms  
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=6.683 ms  
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=5.895 ms  
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=6.477 ms  
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=7.637 ms  
  
PC1-svivanov> 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 0.652 ms 1.504 ms 0.948 ms  
2 10.0.4.1 3.644 ms 3.173 ms 2.906 ms  
3 10.0.3.1 3.489 ms 2.453 ms 2.171 ms  
4 10.0.11.10 3.199 ms 5.079 ms 3.005 ms  
  
PC1-svivanov>
```

Рис. 2.29: Пинг и путь следования

Включим на маршрутизаторе gw-02 интерфейс: (рис. 30)

```
msk-svivanov-gw-02(config-if)# interface eth0
msk-svivanov-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-02(config-if)#[
```

Рис. 2.30: Включение интерфейса

С PC1 пропингуем PC2 и определим путь следования пакетов. Так же, через gw-04. (рис. 31)

```
PC1-svivanov> ping 10.0.11.10
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=7.917 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=5.622 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=9.534 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=2.747 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=8.850 ms

PC1-svivanov> 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    0.851 ms   1.736 ms   0.927 ms
 2  10.0.4.1    2.641 ms   1.584 ms   1.643 ms
 3  10.0.3.1    2.633 ms   2.650 ms   2.312 ms
 4  10.0.11.10   4.118 ms   3.233 ms   3.359 ms

PC1-svivanov> [
```

Рис. 2.31: Маршрутизация на VyOS

Посмотрим захваченный на соединениях трафик. (рис. 32-34)

Работа протокола RIPv2:

- Видны периодические multicast-пакеты (224.0.0.9) от 10.0.10.1 (gw-01) с типом RIPv2 Response. Это подтверждает активность протокола.
- Адрес назначения 224.0.0.9 - это стандартный multicast-адрес для RIPv2.

Процесс ARP:

- Маршрутизатор 10.0.10.1 (gw-01) периодически отправляет запрос “Who has 10.0.10.10”, и PC1 (00:50:79:66:68:00) отвечает. Это процесс поддержания ARP-таблиц.

Изменение маршрута и поведение TCP:

- Серия кадров с ошибками “Time-to-Live exceeded” от разных маршрутизаторов (10.0.10.1, 10.0.1.2, 10.0.2.2) - это работа traceroute или неудачных попыток соединения, когда пакеты не доходят из-за обрыва маршрута.

Кадры 37 и 38 демонстрируют:

- Восстановление связи (SYN-ACK от PC2).
- Изменение пути. После отключения основного маршрута трафик пошел по альтернативному пути, который проходит через gw-04.

Frame	Source IP	Destination IP	Protocol	Description
1	0.0.0.0000	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2 146 Response
2	26.008854	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2 146 Response
3	53.815592	Private_66:68:00	Broadcast	ARP 64 Who has 10.0.10.1? Tell 10.0.10.10
4	53.821741	0c:01:b4:78:00:00	Private_66:68:00	ARP 60 10.0.10.1 is at 0c:01:b4:78:00:00
5	53.824813	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP 98 Echo (ping) request id=0x4bf8, seq=1/256, ttl=64 (r)
6	53.829282	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP 98 Echo (ping) reply id=0x4bf8, seq=1/256, ttl=61 (r)
7	54.834101	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP 98 Echo (ping) request id=0x4cf8, seq=2/512, ttl=64 (r)
8	54.838776	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP 98 Echo (ping) reply id=0x4cf8, seq=2/512, ttl=61 (r)
9	55.840113	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP 98 Echo (ping) request id=0xd4f8, seq=3/768, ttl=64 (r)
10	55.844433	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP 98 Echo (ping) reply id=0xd4f8, seq=3/768, ttl=61 (r)
11	56.019452	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2 146 Response
12	56.847582	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP 98 Echo (ping) request id=0x4ef8, seq=4/1024, ttl=64 (r)
13	56.852750	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP 98 Echo (ping) reply id=0x4ef8, seq=4/1024, ttl=61 (r)
14	57.855115	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP 98 Echo (ping) request id=0xffff8, seq=5/1280, ttl=64 (r)
15	57.861410	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP 98 Echo (ping) reply id=0xffff8, seq=5/1280, ttl=61 (r)
16	58.884070	0c:01:b4:78:00:00	Private_66:68:00	ARP 60 Who has 10.0.10.10? Tell 10.0.10.1
17	58.884196	Private_66:68:00	0c:01:b4:78:00:00	ARP 60 10.0.10.10 is at 00:50:79:66:68:00
18	68.355179	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0 MSS=1460 TStamp
19	68.361753	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
20	68.363844	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
21	68.367062	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
22	68.368430	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
23	68.370182	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
24	68.372107	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
25	68.375217	10.0.1.2	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
26	68.377399	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
27	68.378338	10.0.1.2	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
28	68.378490	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
29	68.380784	10.0.1.2	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
30	68.382497	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
31	68.386611	10.0.2.2	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
32	68.387874	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
33	68.391172	10.0.2.2	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
34	68.391875	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
35	68.396449	10.0.2.2	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
36	68.397811	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
37	68.400401	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP 60 18337 + 18336 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0 Len=0
38	68.404742	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Out-Of-Order] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
39	68.404843	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP 60 [TCP Out-of-order] sequence 17 18337 + 18336 [SYN, ACK] 1

Рис. 2.32: Захваченный трафик

Frame	Source IP	Destination IP	Protocol	Description
13	56.852750	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP 98 Echo (ping) reply id=0x4ef8, seq=4/1024, ttl=61 (r)
14	57.855115	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP 98 Echo (ping) request id=0xffff8, seq=5/1280, ttl=64 (r)
15	57.861410	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP 98 Echo (ping) reply id=0xffff8, seq=5/1280, ttl=61 (r)
16	58.884070	0c:01:b4:78:00:00	Private_66:68:00	ARP 60 Who has 10.0.10.10? Tell 10.0.10.1
17	58.884196	Private_66:68:00	0c:01:b4:78:00:00	ARP 60 10.0.10.10 is at 00:50:79:66:68:00
18	68.355179	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0 MSS=1460 TStamp
19	68.361753	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
20	68.363844	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
21	68.367062	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
22	68.368430	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
23	68.370182	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
24	68.372107	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
25	68.375217	10.0.1.2	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
26	68.377399	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
27	68.378338	10.0.1.2	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
28	68.378490	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
29	68.380784	10.0.1.2	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
30	68.382497	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
31	68.386611	10.0.2.2	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
32	68.387874	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
33	68.391172	10.0.2.2	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
34	68.391875	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
35	68.396449	10.0.2.2	10.0.10.10	ICMP 102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in tran
36	68.397811	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Retransmission] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
37	68.400401	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP 60 18337 + 18336 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0 Len=0
38	68.404742	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP 74 [TCP Out-Of-Order] 18336 + 18337 [SYN] Seq=0 Win=0
39	68.404843	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP 60 [TCP Out-of-order] sequence 17 18337 + 18336 [SYN, ACK] 1

Рис. 2.33: Захваченный трафик

112 265.098149	0c:01:b4:78:00:00	Private_66:68:00	ARP	60 Who has 10.0.10.10? Tell 10.0.10.1
113 265.098267	Private_66:68:00	0c:01:b4:78:00:00	ARP	60 10.0.10.10 is at 00:50:79:66:68:00
114 265.108991	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
115 283.151664	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	86 Response
116 297.124739	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
117 302.802879	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	86 Response
118 321.119239	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x57f9, seq=1/256, ttl=64 (r)
119 321.134466	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x57f9, seq=1/256, ttl=61 (r)
120 322.135363	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x58f9, seq=2/512, ttl=64 (r)
121 322.145141	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x58f9, seq=2/512, ttl=61 (r)
122 323.147951	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x59f9, seq=3/768, ttl=64 (r)
123 323.151599	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x59f9, seq=3/768, ttl=61 (r)
124 324.153718	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x5af9, seq=4/1024, ttl=64 (r)
125 324.162215	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x5af9, seq=4/1024, ttl=61 (r)
126 325.164568	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x5bf9, seq=5/1280, ttl=64 (r)
127 325.176461	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xbf9, seq=5/1280, ttl=61 (r)
128 326.158194	0c:01:b4:78:00:00	Private_66:68:00	ARP	60 Who has 10.0.10.10? Tell 10.0.10.1
129 326.158470	Private_66:68:00	0c:01:b4:78:00:00	ARP	60 10.0.10.10 is at 00:50:79:66:68:00
130 331.138609	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
131 362.152421	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
132 390.524240	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 6913 → 6914 [SYN] Seq=0 Win=0 MSS=1460 TStamp=1000000000000000000
133 390.526059	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
134 390.526445	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 6913 → 6914 [SYN] Seq=0 Win=0 MSS=1460 TStamp=1000000000000000000
135 390.526910	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)
136 390.528476	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 [TCP Retransmission] 6913 → 6914 [SYN] Seq=0 Win=0 MSS=1460 TStamp=1000000000000000000
137 390.532818	10.0.10.1	10.0.10.10	TCP	103 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transit)

Рис. 2.34: Захваченный трафик

На маршрутизаторах настроим RIPng для сетей IPv6: (рис. 35-38)

```
msk-svivanov-gw-01# configure terminal
msk-svivanov-gw-01(config)# router ripng
msk-svivanov-gw-01(config-router)# network eth0
msk-svivanov-gw-01(config-router)# network eth1
msk-svivanov-gw-01(config-router)# network eth2
msk-svivanov-gw-01(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-01(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-01#
```

Рис. 2.35: Настройка gw-01

```
msk-svivanov-gw-02# configure terminal
msk-svivanov-gw-02(config)# router ripng
msk-svivanov-gw-02(config-router)# network eth0
msk-svivanov-gw-02(config-router)# network eth1
msk-svivanov-gw-02(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# exit
msk-svivanov-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-02#
```

Рис. 2.36: Настройка gw-02

```
msk-svivanov-gw-03(config)# router ripng
msk-svivanov-gw-03(config-router)# network eth0
msk-svivanov-gw-03(config-router)# network eth2
msk-svivanov-gw-03(config-router)# network eth1
msk-svivanov-gw-03(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# exit
msk-svivanov-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-03#
```

Рис. 2.37: Настройка gw-03

```
msk-svivanov-gw-04(config)# router ripng
msk-svivanov-gw-04(config-router)# network eth0
msk-svivanov-gw-04(config-router)# network eth1
msk-svivanov-gw-04(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-04#
```

Рис. 2.38: Настройка gw-04

С PC1 пропингуем PC2 и определим путь следования пакетов. Пакеты идут через gw-04. (рис. 39)

```
PC1-svivanov> ping 2001:11::a

2001:11::a icmp6_seq=1 ttl=58 time=5.887 ms
2001:11::a icmp6_seq=2 ttl=58 time=7.491 ms
2001:11::a icmp6_seq=3 ttl=58 time=9.083 ms
2001:11::a icmp6_seq=4 ttl=58 time=3.581 ms
2001:11::a icmp6_seq=5 ttl=58 time=3.915 ms

PC1-svivanov> trace 2001:11::a

trace to 2001:11::a, 64 hops max
 1 2001:10::1  1.888 ms  0.883 ms  0.696 ms
 2 2001:4::1  7.570 ms  1.786 ms  1.319 ms
 3 2001:3::1  4.571 ms  2.456 ms  3.859 ms
 4 2001:11::a  3.073 ms  3.169 ms  2.448 ms

PC1-svivanov>
```

Рис. 2.39: Отправка пинга

Проверим метрики протокола RIPng: (рис. 40)

```
msk-svivanov-gw-01# show ipv6 ripng
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::e70:ffff:fe26:1    eth2    3     0  02:26
R(n) 2001:3::/64        fe80::e70:ffff:fe26:1    eth2    2     0  02:26
C(i) 2001:4::/64        ::           self    1     0
C(i) 2001:10::/64       ::           self    1     0
R(n) 2001:11::/64       fe80::e70:ffff:fe26:1    eth2    3     0  02:26
msk-svivanov-gw-01#
```

Рис. 2.40: Проверка метрик

Пакет проходит через маршрутизатор gw-04. Отключим на маршрутизаторе gw-04 интерфейс: (рис. 41)

```
msk-svivanov-gw-04# configure terminal
msk-svivanov-gw-04(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-04(config-if)# shutdown
msk-svivanov-gw-04(config-if)#
```

Рис. 2.41: Отключение интерфейса

Проверим метрики протокола RIPng: (рис. 42)

```
msk-svivanov-gw-01# show ipv6 ripng
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::e70:ffff:fe26:1    eth2    16    0  01:34
R(n) 2001:3::/64        fe80::e70:ffff:fe26:1    eth2    16    0  01:34
C(i) 2001:4::/64        ::           self    1     0
C(i) 2001:10::/64       ::           self    1     0
R(n) 2001:11::/64       fe80::e70:ffff:fe26:1    eth2    16    0  01:34
msk-svivanov-gw-01#
```

Рис. 2.42: Проверка метрик

С PC1 пропингуем PC2 и определим путь следования пакетов. Пакеты идут через gw-02. Маршрут восстановился примерно через минуту. (рис. 43)

```

PC1-svivanov> ping 2001:11::a

2001:11::a icmp6_seq=1 ttl=58 time=9.632 ms
2001:11::a icmp6_seq=2 ttl=58 time=6.731 ms
2001:11::a icmp6_seq=3 ttl=58 time=6.908 ms
2001:11::a icmp6_seq=4 ttl=58 time=10.036 ms
2001:11::a icmp6_seq=5 ttl=58 time=4.439 ms

PC1-svivanov> trace 2001:11::a -P 6

trace to 2001:11::a, 6 hops max
 1 2001:10::1  2.983 ms  0.513 ms  0.437 ms
 2 2001:1::2  4.413 ms  2.422 ms  2.621 ms
 3 2001:2::2  4.277 ms  2.207 ms  2.581 ms
 4 2001:11::a  3.718 ms  4.247 ms  2.639 ms

PC1-svivanov> █

```

Рис. 2.43: Отправка пинга

Включим на маршрутизаторе gw-04 интерфейс: (рис. 44)

```

msk-svivanov-gw-04# configure terminal
msk-svivanov-gw-04(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-04(config-if)# shutdown
msk-svivanov-gw-04(config-if)# interface eth0
msk-svivanov-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-04(config-if)# █

```

Рис. 2.44: Включение интерфейса

С PC1 пропингуем PC2 и определим путь следования пакетов. Пакеты идут через gw-02. (рис. 45)

```

PC1-svivanov> ping 2001:11::a

2001:11::a icmp6_seq=1 ttl=58 time=13.569 ms
2001:11::a icmp6_seq=2 ttl=58 time=6.891 ms
2001:11::a icmp6_seq=3 ttl=58 time=5.233 ms
2001:11::a icmp6_seq=4 ttl=58 time=6.433 ms
2001:11::a icmp6_seq=5 ttl=58 time=12.517 ms

PC1-svivanov> trace 2001:11::a -P 6

trace to 2001:11::a, 6 hops max
 1 2001:10::1  1.702 ms  1.529 ms  1.488 ms
 2 2001:1::2  2.035 ms  1.447 ms  1.291 ms
 3 2001:2::2  4.459 ms  2.536 ms  3.007 ms
 4 2001:11::a  3.084 ms  2.880 ms  2.295 ms

PC1-svivanov> █

```

Рис. 2.45: Отправка пинга

Посмотрим захваченный на соединениях трафик. (рис. 42, 43)

Работа IPv6 и ND (Neighbor Discovery):

- Кадры 467-468, 472-473 демонстрируют работу ICMPv6 Neighbor Discovery Protocol. Маршрутизатор (0c:01:b4:78:00:00) ищет MAC-адрес для 2001:10::a (Solicitation), и PC1 отвечает (Advertisement). Это аналог ARP для IPv6.
- Успешные ICMPv6 Echo (пинги) доказывают связность между PC1 и PC2 (кадры 471-482).
- UDP-based traceroute (кадры 459, 461, 463, 465, 483, 485, 487) и соответствующие ответы Time Exceeded (458, 460, 484, 486) позволяют определить промежуточные узлы на пути.
- Ответы Destination Unreachable (Port unreachable) (кадры 462, 464, 466) от 2001:11::a (PC2) являются финальными для traceroute, сигнализируя, что пакет дошел до цели, но порт закрыт.

Подтверждение динамической маршрутизации:

- Наличие двух различных источников сообщений Time Exceeded (2001:1::2 и 2001:2::2) в ответ на один запрос traceroute является признаком наличия более одного пути в сети.

Source	Destination	Type	Content
2001:10:24:2188:86	fe80::c01:baff:fe78..ff02::9	ICMPv6	86 Command Response, Version 1
2001:10:29:624084	2001:10::a	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0xbfc, seq=1, hop limit=64 (reply in 207)
2001:10:29:630045	fe80::e01:baff:fe78..ff02::1::ff00::9	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for 2001:10::a from 0c:01:b4:78:00:00
2001:10:29:630130	2001:10::a	ICMPv6	86 Neighbor Advertisement for 2001:10::a (sol, ovr) is at 00:58:79:66:68:00
2001:10:29:630540	2001:11::a	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0xbfc, seq=1, hop limit=58 (request in 204)
2001:10:30:632911	2001:10::a	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0xbfc, seq=2, hop limit=64 (reply in 209)
2001:10:30:649955	2001:11::a	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0xbfc, seq=3, hop limit=58 (request in 208)
2001:10:30:649955	2001:11::a	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0xbfc, seq=3, hop limit=64 (request in 208)
211:10:31:649661	2001:11::a	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0xbfc, seq=3, hop limit=58 (request in 210)
212:10:32:652389	2001:10::a	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0xbfc, seq=4, hop limit=64 (reply in 213)
213:10:32:655696	2001:11::a	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0xbfc, seq=4, hop limit=58 (request in 212)
214:10:33:661646	2001:10::a	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0xbfc, seq=5, hop limit=64 (reply in 215)
215:10:33:665406	2001:11::a	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0xbfc, seq=5, hop limit=58 (request in 214)
215:10:33:665406	2001:11::a	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0xbfc, seq=5, hop limit=58 (request in 215)
217:10:39:677854	2001:10::a	ICMPv6	126 43168 + 43169 len=64
218:10:39:679543	2001:10::a	ICMPv6	174 Time Exceeded (hop limit exceeded in transit)
219:10:39:681352	2001:10::a	ICMPv6	126 43168 + 43169 len=64
220:10:39:682086	2001:10::1	ICMPv6	174 Time Exceeded (hop limit exceeded in transit)
221:10:39:682423	2001:10::a	ICMPv6	126 43168 + 43169 len=64
222:10:39:683038	2001:10::1	ICMPv6	174 Time Exceeded (hop limit exceeded in transit)
223:10:39:683396	2001:10::1	ICMPv6	126 43168 + 43169 len=64
224:10:39:692559	2001:4::1	ICMPv6	174 Time Exceeded (hop limit exceeded in transit)
225:10:39:693243	2001:10::a	ICMPv6	126 43168 + 43169 len=64
226:10:39:694883	2001:4::1	ICMPv6	174 Time Exceeded (hop limit exceeded in transit)
227:10:39:695926	2001:10::a	ICMPv6	126 43168 + 43169 len=64
228:10:39:696036	2001:10::a	ICMPv6	174 Time Exceeded (hop limit exceeded in transit)
229:10:39:696835	2001:10::a	ICMPv6	126 43168 + 43169 len=64
230:10:39:703278	2001:3::1	ICMPv6	174 Time Exceeded (hop limit exceeded in transit)
231:10:39:704305	2001:10::a	ICMPv6	126 43168 + 43169 len=64
232:10:39:706666	2001:3::1	ICMPv6	174 Time Exceeded (hop limit exceeded in transit)

Рис. 2.46: Просмотр трафика

459 2066_033181 2001:2::2	2001:10::e	ICMPv6 174 Time Exceeded [Hop limit exceeded in transit]
459 2066_035352 2001:10::e	2001:11::e	UDP 126 3134d + 31345 len=64
460 2066_038116 2001:2::2	2001:10::e	ICMPv6 174 Time Exceeded [Hop limit exceeded in transit]
461 2066_039852 2001:10::e	2001:11::e	UDP 126 3134d + 31345 len=64
462 2066_040017 2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6 174 Time Exceeded [Hop limit exceeded in transit]
463 2066_043983 2001:10::e	2001:11::e	UDP 126 3134d + 31345 len=64
464 2066_046958 2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6 174 Destination Unreachable [Port unreachable][Malformed Packet]
465 2066_048529 2001:10::e	2001:11::e	UDP 126 3134d + 31345 len=64
466 2066_051129 2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6 174 Destination Unreachable [Port unreachable][Malformed Packet]
467 2066_051129 2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6 174 Destination Unreachable [Port unreachable][Malformed Packet]
468 2067_141564 fe80::e01:baff:fe78.. 2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6 86 Neighbor Solicitation for 2001:10::e From 0c:01:b4:78:00:00
469 2073_314557 10..10..1	224.0.0.9	RIPv2 146 Response
470 2073_424701 fe80::e01:baff:fe78.. ff02::9	2001:10::e	RIPng 146 Command Response, Version 1
471 2079_386456 2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x3580, seq=1, hop limit=64 (reply in 474)
472 2079_386456 2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x3580, seq=1, hop limit=64 (request in 474)
473 2079_399468 fe80::e01:baff:fe78.. 2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6 86 Neighbor Advertisement 2001:10::e (sol, ovr) is at 00:50:79:66:68:00
474 2079_399796 2001:11::e	2001:10::e	ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x3580, seq=1, hop limit=58 (request in 471)
475 2080_402172 2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x3580, seq=1, hop limit=64 (reply in 476)
476 2080_402172 2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x3580, seq=2, hop limit=64 (request in 475)
477 2080_409153 2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x3580, seq=3, hop limit=64 (request in 473)
478 2081_414896 2001:11::e	2001:10::e	ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x3580, seq=3, hop limit=64 (request in 477)
479 2082_418444 2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x3580, seq=3, hop limit=64 (reply in 480)
480 2082_424456 2001:11::e	2001:10::e	ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x3580, seq=4, hop limit=64 (request in 479)
481 2083_435565 2001:11::e	2001:10::e	ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x3580, seq=5, hop limit=58 (request in 481)
482 2083_435565 2001:11::e	2001:10::e	ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x3580, seq=5, hop limit=64 (request in 481)
483 2085_397723 2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6 126 12576 + 12577 len=64
484 2085_399658 2001:10::e	2001:10::e	ICMPv6 174 Time Exceeded [Hop limit exceeded in transit]
485 2085_400756 2001:10::e	2001:11::e	UDP 126 12576 + 12577 len=64
486 2085_401897 2001:10::e	2001:11::e	ICMPv6 174 Time Exceeded [Hop limit exceeded in transit]
487 2085_402614 2001:10::e	2001:11::e	UDP 126 12576 + 12577 len=64

Рис. 2.47: Просмотр трафика

## Настройка динамической маршрутизации по протоколу OSPF:

На маршрутизаторах настроим OSPFv2 для сетей IPv4: (рис. 48-51)

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

Рис. 2.48: Настройка gw-01

```
msk-svivanov-gw-02# configure terminal
msk-svivanov-gw-02(config)# router ospf
msk-svivanov-gw-02(config-router)# network 10.0.1.0/24 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-02(config-router)# network 10.0.2.0/24 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-02(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# exit
msk-svivanov-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-02#
```

Рис. 2.49: Настройка gw-02

```

msk-svivanov-gw-03# configure terminal
msk-svivanov-gw-03(config)# router ospf
msk-svivanov-gw-03(config-router)# network 10.0.11.0/24 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-03(config-router)# network 10.0.2.0/24 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-03(config-router)# network 10.0.3.0/24 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-03(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# exit
msk-svivanov-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-03# 

```

Рис. 2.50: Настройка gw-03

```

msk-svivanov-gw-04(config)# router ospf
msk-svivanov-gw-04(config-router)# network 10.0.3.0/24 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-04(config-router)# network 10.0.4.0/24 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-04(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-04# 

```

Рис. 2.51: Настройка gw-04

С PC1 пропингуем PC2 и определим путь следования пакетов. Путь проходит через gw-04. (рис. 52)

```

PC1-svivanov> ping 10.0.11.10

84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=9.918 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=8.020 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=7.553 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=9.833 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=8.605 ms

PC1-svivanov> 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   2.191 ms  0.863 ms  1.895 ms
 2  10.0.4.1   5.001 ms  4.481 ms  1.486 ms
 3  10.0.2.2   4.704 ms  2.539 ms  3.365 ms
 4  10.0.11.10  4.618 ms  5.165 ms  2.501 ms

PC1-svivanov> 

```

Рис. 2.52: Отправка пинга

Проверим таблицу маршрутизации протокола OSPFv2: (рис. 53)

```
msk-svivanov-gw-01# show ip ospf neighbor
Neighbor ID      Pri State          Up Time       Dead Time Address      In
terface           RXmtL RqstL DBsmL
10.0.2.1         1 Full/Backup    4m59s        34.877s 10.0.1.2      et
h1:10.0.1.1
10.0.4.1         1 Full/Backup    2m01s        34.345s 10.0.4.1      et
h2:10.0.4.2
msk-svivanov-gw-01#
```

Рис. 2.53: Проверка таблицы маршрутизации

Пакет проходит через маршрутизатор gw-04. Отключим на маршрутизаторе gw-04 интерфейс: (рис. 54)

```
msk-svivanov-gw-04# configure terminal
msk-svivanov-gw-04(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-04(config-if)# shutdown
msk-svivanov-gw-04(config-if)#
```

Рис. 2.54: Выключение интерфейса

Проверим таблицу маршрутизации протокола OSPFv2: (рис. 55)

```
msk-svivanov-gw-01# show ip ospf neighbor
Neighbor ID      Pri State          Up Time       Dead Time Address      In
terface           RXmtL RqstL DBsmL
10.0.2.1         1 Full/Backup    7m48s        35.838s 10.0.1.2      et
h1:10.0.1.1
10.0.4.1         1 Full/Backup    4m50s        35.321s 10.0.4.1      et
h2:10.0.4.2
msk-svivanov-gw-01#
```

Рис. 2.55: Проверка таблицы маршрутизации

С PC1 пропингуем PC2 и определим путь следования пакетов. Путь проходит через gw-02. Время восстановления пути - около минуты. (рис. 56)

```

PC1-svivanov> ping 10.0.11.10
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=5.998 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=3.466 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=3.482 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=3.913 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=3.721 ms

PC1-svivanov> 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 4.916 ms 0.490 ms 0.750 ms
2 10.0.1.2 3.705 ms 1.803 ms 1.334 ms
3 10.0.2.2 3.126 ms 2.545 ms 2.133 ms
4 10.0.11.10 3.629 ms 3.011 ms 2.685 ms

PC1-svivanov> █

```

Рис. 2.56: Отправка пинга

Включим на маршрутизаторе gw-04 интерфейс: (рис. 57)

```

msk-svivanov-gw-04# configure terminal
msk-svivanov-gw-04(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-04(config-if)# shutdown
msk-svivanov-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-04(config-if)# █

```

Рис. 2.57: Включение интерфейса

С PC1 пропингуем PC2 и определим путь следования пакетов. Путь проходит через gw-04. (рис. 58)

```

PC1-svivanov> ping 10.0.11.10
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=1 ttl=61 time=5.318 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=2 ttl=61 time=4.187 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=3 ttl=61 time=3.484 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=4 ttl=61 time=6.232 ms
84 bytes from 10.0.11.10 icmp_seq=5 ttl=61 time=6.463 ms

PC1-svivanov> 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 0.718 ms 0.639 ms 0.453 ms
2 10.0.4.1 3.550 ms 1.311 ms 4.006 ms
3 10.0.2.2 3.434 ms 3.021 ms 2.647 ms
4 10.0.11.10 3.271 ms 2.806 ms 2.923 ms

PC1-svivanov> █

```

Рис. 2.58: Отправка пинга

Посмотрим захваченный на соединениях трафик. (рис. 59, 60)

Подтверждение работы OSPFv2:

- Присутствуют периодические multicast-пакеты OSPF Hello (224.0.0.5) от 10.0.10.1. Это доказывает, что OSPF настроен и работает на интерфейсе, подключенном к PC1.

Демонстрация отказоустойчивости OSPF:

- Последовательность кадров 691-713 является иллюстрацией работы OSPF при сбое

Проблема: Потеря связи с соседом (gw-02).

- Действие OSPF: Быстрый перерасчет и активация резервного пути (через gw-04).
- Результат в трафике: Восстановление соединения (SYN-ACK от PC2) и TCP-ретрансмиссии с пометкой Out-Of-Order, указывающие на изменение пути.

667 2955.514892	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
668 2962.462667	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
669 2965.636084	fe80::e01:b4ff:fe78_ ff02::9		RIPng	186 Command Response, Version 1
670 2972.465727	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
671 2982.468746	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
672 2988.524612	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
673 2992.471582	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
674 3001.466243	Private_66:68:00	Broadcast	ARP	64 Who has 10.0.10.1? Tell 10.0.10.10
675 3001.467663	0c:01:b4:78:00:00	Private_66:68:00	ARP	60 10.0.10.1 is at 0c:01:b4:78:00:00
676 3001.469159	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xcf03, seq=1/256, ttl=64 (r)
677 3001.474676	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xcf03, seq=1/256, ttl=61 (r)
678 3002.474385	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
679 3002.476974	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x0003, seq=2/512, ttl=64 (r)
680 3002.480348	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x0003, seq=2/512, ttl=61 (r)
681 3003.481788	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xd103, seq=3/768, ttl=64 (r)
682 3003.485130	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xd103, seq=3/768, ttl=61 (r)
683 3004.486334	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xd203, seq=4/1024, ttl=64 (r)
684 3004.490068	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xd203, seq=4/1024, ttl=61 (r)
685 3005.492642	10.0.10.10	10.0.11.10	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xd303, seq=5/1280, ttl=64 (r)
686 3005.496181	10.0.11.10	10.0.10.10	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xd303, seq=5/1280, ttl=61 (r)
687 3006.481755	0c:01:b4:78:00:00	Private_66:68:00	ARP	60 Who has 10.0.10.10? Tell 10.0.10.1
688 3006.482268	Private_66:68:00	0c:01:b4:78:00:00	ARP	60 10.0.10.10 is at 00:50:79:66:68:00
689 3009.650364	fe80::e01:b4ff:fe78_ ff02::9		RIPng	186 Command Response, Version 1
690 3012.478889	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
691 3013.221888	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 13649 > 13650 [SYN] Seq=0 Win=0 MSS=1460 Tsv=
692 3013.226426	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	102 Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in trans-
693 3013.232300	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74 ICMP Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in trans-

Рис. 2.59: Захваченный трафик

688	3006.482268	Private_66:68:00	0c:01:b4:78:00:00	ARP	60	10.0.10.10 is at 00:50:79:66:68:00
689	3009.650364	fe80::e01:b4ff:fe78..ff02::9		RIPng	186	Command Response, Version 1
690	3012.478889	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78	Hello Packet
691	3013.221880	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74	13649 > 13650 [SYN] Seq=0 Win=0 MSS=1460 Tsv=1
692	3013.226426	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	102	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transaction)
693	3013.228393	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74	[TCP Retransmission] 13649 > 13650 [SYN] Seq=0 Win=0
694	3013.228737	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	102	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transaction)
695	3013.231510	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74	[TCP Retransmission] 13649 > 13650 [SYN] Seq=0 Win=0
696	3013.232061	10.0.10.1	10.0.10.10	ICMP	102	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transaction)
697	3013.232575	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74	[TCP Retransmission] 13649 > 13650 [SYN] Seq=0 Win=0
698	3013.236990	10.0.1.2	10.0.10.10	ICMP	102	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transaction)
699	3013.237387	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74	[TCP Retransmission] 13649 > 13650 [SYN] Seq=0 Win=0
700	3013.238853	10.0.1.2	10.0.10.10	ICMP	102	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transaction)
701	3013.239913	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74	[TCP Retransmission] 13649 > 13650 [SYN] Seq=0 Win=0
702	3013.241119	10.0.1.2	10.0.10.10	ICMP	102	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transaction)
703	3013.242168	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74	[TCP Retransmission] 13649 > 13650 [SYN] Seq=0 Win=0
704	3013.245182	10.0.2.2	10.0.10.10	ICMP	102	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transaction)
705	3013.245607	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74	[TCP Retransmission] 13649 > 13650 [SYN] Seq=0 Win=0
706	3013.248870	10.0.2.2	10.0.10.10	ICMP	102	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transaction)
707	3013.250156	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74	[TCP Retransmission] 13649 > 13650 [SYN] Seq=0 Win=0
708	3013.252192	10.0.2.2	10.0.10.10	ICMP	102	Time-to-live exceeded (Time to live exceeded in transaction)
709	3013.253182	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74	[TCP Retransmission] 13649 > 13650 [SYN] Seq=0 Win=0
710	3013.256643	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP	60	13650 > 13649 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0 Len=0
711	3013.257068	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74	[TCP Out-Of-Order] 13649 > 13650 [SYN] Seq=0 Win=0
712	3013.259949	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP	60	[TCP Port numbers reused] 13650 > 13649 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0 Len=0
713	3013.261327	10.0.10.10	10.0.11.10	TCP	74	13649 > 13650 [SYN] Seq=0 Win=0 Len=0 MSS=1460 Tsv=1
714	3013.262005	10.0.11.10	10.0.10.10	TCP	60	[TCP DupACK sequence number] 13650 > 13649 [SYN, ACK] Seq=0 Ack=1 Win=0

Рис. 2.60: Отправка пинга

На маршрутизаторах настроим OSPFv3 для сетей IPv6: (рис. 61-64)

```
msk-svivanov-gw-01# configure terminal
msk-svivanov-gw-01(config)# router ospf6
msk-svivanov-gw-01(config-ospf6)# ospf6 router-id 1.1.1.1
msk-svivanov-gw-01(config-ospf6)# exit
msk-svivanov-gw-01(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-01(config-if)# ipv6 ospf6 area0
% Unknown command: ipv6 ospf6 area0
msk-svivanov-gw-01(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-svivanov-gw-01(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-01(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-01(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-svivanov-gw-01(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-01(config)# interface eth2
msk-svivanov-gw-01(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-svivanov-gw-01(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-01(config)# exit
msk-svivanov-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
```

Рис. 2.61: Настройка gw-01

```
msk-svivanov-gw-02# configure terminal
msk-svivanov-gw-02(config)# router ospf6
msk-svivanov-gw-02(config-ospf6)# ospf6 router-id 2.2.2.2
msk-svivanov-gw-02(config-ospf6)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-02(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-svivanov-gw-02(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-02(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-svivanov-gw-02(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# exit
msk-svivanov-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-02#
```

Рис. 2.62: Настройка gw-02

```
msk-svivanov-gw-03# configure terminal
msk-svivanov-gw-03(config)# router ospf6
msk-svivanov-gw-03(config-ospf6)# ospf6 router-id 3.3.3.3
msk-svivanov-gw-03(config-ospf6)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-03(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-svivanov-gw-03(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-03(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-svivanov-gw-03(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# interface eth2
msk-svivanov-gw-03(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-svivanov-gw-03(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# exit
msk-svivanov-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-03#
```

Рис. 2.63: Настройка gw-03

```
msk-svivanov-gw-04# configure terminal
msk-svivanov-gw-04(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-04(config-if)# shutdown
msk-svivanov-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-04(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# router ospf6
msk-svivanov-gw-04(config-ospf6)# ospf6 router-id 4.4.4.4
msk-svivanov-gw-04(config-ospf6)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-04(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-svivanov-gw-04(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-04(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-svivanov-gw-04(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-04#
```

Рис. 2.64: Настройка gw-04

С PC1 пропингуем PC2 и определим путь следования пакетов. Пакеты идут через gw-02 (рис. 65)

```

PC1-svivanov> ping 2001:11::a

2001:11::a icmp6_seq=1 ttl=58 time=10.112 ms
2001:11::a icmp6_seq=2 ttl=58 time=6.438 ms
2001:11::a icmp6_seq=3 ttl=58 time=4.586 ms
2001:11::a icmp6_seq=4 ttl=58 time=4.923 ms
2001:11::a icmp6_seq=5 ttl=58 time=3.238 ms

PC1-svivanov> trace 2001:11::a

trace to 2001:11::a, 64 hops max
 1 2001:10::1    5.411 ms   1.190 ms   2.019 ms
 2 2001:1::2    5.189 ms   3.162 ms   1.616 ms
 3 2001:2::2    3.634 ms   2.420 ms   2.562 ms
 4 2001:11::a   4.416 ms   4.124 ms   2.726 ms

PC1-svivanov> █

```

Рис. 2.65: Отправка пинга

Проверим таблицу маршрутизации протокола OSPFv3: (рис. 66)

```

msk-svivanov-gw-01# show ipv6 ospf6 neighbor
Neighbor ID      Pri     DeadTime      State/IfState      Duration I/F[State]
2.2.2.2          1       00:00:33      Full/BDR          00:04:32 eth1[DR]
4.4.4.4          1       00:00:36      Full/BDR          00:01:31 eth2[DR]
msk-svivanov-gw-01# show ipv6 ospf6 route
*N IA 2001:1::/64          ::                           eth1 00:01:58
*N IA 2001:2::/64          fe80::e3a:99ff:feab:0  eth1 00:01:58
*N IA 2001:3::/64          fe80::e70:bfff:fe26:1  eth2 00:01:58
*N IA 2001:4::/64          ::                           eth2 00:01:58
*N IA 2001:10::/64         ::                           eth0 00:01:58
*N IA 2001:11::/64         fe80::e3a:99ff:feab:0  eth1 00:01:58
                                         fe80::e70:bfff:fe26:1  eth2
msk-svivanov-gw-01# █

```

Рис. 2.66: Таблица маршрутизации

Пакет проходит через маршрутизатор gw-02. Отключим на маршрутизаторе gw-02 интерфейс: (рис. 67)

```

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

```

Рис. 2.67: Отключение интерфейса

Проверим таблицу маршрутизации протокола OSPFv3: (рис. 68)

```

msk-svivanov-gw-01# show ipv6 ospf6 route
*N IA 2001:1::/64          :: eth1 00:00:23
*N IA 2001:2::/64          fe80::e70:ffff:fe26:1  eth2 00:00:23
*N IA 2001:3::/64          fe80::e70:ffff:fe26:1  eth2 00:00:23
*N IA 2001:4::/64          :: eth2 00:00:23
*N IA 2001:10::/64         :: eth0 00:00:23
*N IA 2001:11::/64         fe80::e70:ffff:fe26:1  eth2 00:00:23
msk-svivanov-gw-01#

```

Рис. 2.68: Таблица маршрутизации

С PC1 пропингуем PC2 и определим путь следования пакетов. Пакеты идут через gw-04. Примерное время восстановления - 1 минута. (рис. 69)

```

PC1-svivanov> ping 2001:11::a
2001:11::a icmp6_seq=1 ttl=58 time=4.252 ms
2001:11::a icmp6_seq=2 ttl=58 time=3.671 ms
2001:11::a icmp6_seq=3 ttl=58 time=6.777 ms
2001:11::a icmp6_seq=4 ttl=58 time=4.392 ms
2001:11::a icmp6_seq=5 ttl=58 time=4.465 ms

PC1-svivanov> trace 2001:11::a
trace to 2001:11::a, 64 hops max
 1 2001:10::1  6.533 ms  0.860 ms  0.859 ms
 2 2001:4::1  3.405 ms  1.518 ms  1.510 ms
 3 2001:3::1  2.608 ms  2.061 ms  3.149 ms
 4 2001:11::a  2.984 ms  2.651 ms  3.251 ms

PC1-svivanov>

```

Рис. 2.69: Отправка пинга

Включим на маршрутизаторе gw-02 интерфейс: (рис. 70)

```

msk-svivanov-gw-02# configure terminal
msk-svivanov-gw-02(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-02(config-if)# shutdown
msk-svivanov-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-02(config-if)#

```

Рис. 2.70: Включение интерфейса

С PC1 пропингуем PC2 и определим путь следования пакетов. Пакеты идут через gw-02. (рис. 71)

```

PC1-svivanov> ping 2001:11::a

2001:11::a icmp6_seq=1 ttl=58 time=7.598 ms
2001:11::a icmp6_seq=2 ttl=58 time=6.100 ms
2001:11::a icmp6_seq=3 ttl=58 time=5.310 ms
2001:11::a icmp6_seq=4 ttl=58 time=7.805 ms
2001:11::a icmp6_seq=5 ttl=58 time=8.670 ms

PC1-svivanov> trace 2001:11::a

trace to 2001:11::a, 64 hops max
 1 2001:10::1  2.439 ms  0.709 ms  0.522 ms
 2 2001:1::2  1.711 ms  2.013 ms  1.060 ms
 3 2001:2::2  2.392 ms  1.919 ms  2.160 ms
 4 2001:11::a  2.255 ms  2.636 ms  3.152 ms

PC1-svivanov> █

```

Рис. 2.71: Отправка пинга

Посмотрим захваченный на соединениях трафик. (рис. 72, 73)

Подтверждение работы OSPFv3: - Регулярные multicast-пакеты OSPFv3 Hello на адрес ff02::5 (кадры 1029, 1040, 1047, 1075) доказывают, что протокол настроен и работает. Адрес ff02::5 — это All OSPFv3 Routers multicast-адрес.

- Последовательность ответов Time Exceeded от gw-04 (2001:4::1) и gw-03 (2001:3::1) в ответ на traceroute (1059-1069) говорят, что при недоступности маршрута через gw-02, OSPFv3 мгновенно активировал альтернативный путь через gw-04.
- NDP (Neighbor Discovery Protocol): Кадры 1043-1045 и 1051-1052 показывают процесс разрешения адресов: маршрутизатор ищет MAC-адрес для 2001:10::a (Solicitation), и PC1 отвечает (Advertisement).

1927	4067.646405	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
1928	4072.505427	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
1929	4077.019936	fe80::e01:b4ff:fe78.. ff02::5		OSPF	98 Hello Packet
1930	4078.780079	fe80::e01:b4ff:fe78.. ff02::9		RIPng	186 Command Response, Version 1
1931	4082.508464	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
1932	4083.878488	2001:10::a	2001:11::a	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x0908, seq=1, hop limit=64 (re
1933	4083.882373	2001:11::a	2001:10::a	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x0908, seq=1, hop limit=64 (re
1934	4084.885621	2001:10::a	2001:11::a	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x0908, seq=2, hop limit=64 (re
1935	4084.889031	2001:11::a	2001:10::a	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x0908, seq=2, hop limit=64 (re
1936	4085.890365	2001:10::a	2001:11::a	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x0908, seq=3, hop limit=64 (re
1937	4085.896698	2001:11::a	2001:10::a	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x0908, seq=3, hop limit=64 (re
1938	4086.899246	2001:10::a	2001:11::a	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x0908, seq=4, hop limit=64 (re
1939	4086.903465	2001:11::a	2001:10::a	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x0908, seq=4, hop limit=64 (re
1940	4087.023118	fe80::e01:b4ff:fe78.. ff02::5		OSPF	90 Hello Packet
1941	4087.905732	2001:10::a	2001:11::a	ICMPv6	118 Echo (ping) request id=0x0908, seq=5, hop limit=64 (re
1942	4087.910932	2001:11::a	2001:10::a	ICMPv6	118 Echo (ping) reply id=0x0908, seq=5, hop limit=64 (re
1943	4088.893062	fe80::e01:b4ff:fe78.. 2001:10::a		ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for 2001:10::a from 0c:01:b4:7
1944	4089.931051	fe80::e01:b4ff:fe78.. 2001:10::a		ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for 2001:10::a from 0c:01:b4:7
1945	4090.970743	fe80::e01:b4ff:fe78.. 2001:10::a		ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for 2001:10::a from 0c:01:b4:7
1946	4092.510329	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
1947	4097.026155	fe80::e01:b4ff:fe78.. ff02::5		OSPF	90 Hello Packet
1948	4098.652938	10.0.10.1	224.0.0.9	RIPv2	146 Response
1949	4102.514245	10.0.10.1	224.0.0.5	OSPF	78 Hello Packet
1950	4104.362076	2001:10::a	2001:11::a	UDP	126 2993 → 2994 Len=64
1951	4104.267224	2001:10::1	ff02::1:ff00:a	ICMPv6	86 Neighbor Advertisement for 2001:10::a from 0c:01:b4:7
1952	4104.267611	2001:10::a	2001:10::1	ICMPv6	86 Neighbor Advertisement for 2001:10::a (sol, ovr) is at 0

Рис. 2.72: Просмотр трафика

1051	4104.267224	2001:10::1	ff02::1:ff00:a	ICMPv6	86 Neighbor Solicitation for 2001:10::a from 0c:01:b4:7
1052	4104.267611	2001:10::a	2001:10::1	ICMPv6	86 Neighbor Advertisement for 2001:10::a (sol, ovr) is at 0
1053	4104.268198	2001:10::1	2001:10::a	ICMPv6	174 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
1054	4104.269188	2001:10::a	2001:11::a	UDP	126 2993 → 2994 Len=64
1055	4104.269822	2001:10::1	2001:10::a	ICMPv6	174 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
1056	4104.270488	2001:10::a	2001:11::a	UDP	126 2993 → 2994 Len=64
1057	4104.271172	2001:10::1	2001:10::a	ICMPv6	174 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
1058	4104.271818	2001:10::a	2001:11::a	UDP	126 2993 → 2994 Len=64
1059	4104.275010	2001:4::1	2001:10::a	ICMPv6	174 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
1060	4104.275499	2001:10::a	2001:11::a	UDP	126 2993 → 2994 Len=64
1061	4104.276801	2001:4::1	2001:10::a	ICMPv6	174 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
1062	4104.278691	2001:10::a	2001:11::a	UDP	126 2993 → 2994 Len=64
1063	4104.280102	2001:4::1	2001:10::a	ICMPv6	174 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
1064	4104.281055	2001:10::a	2001:11::a	UDP	126 2993 → 2994 Len=64
1065	4104.283553	2001:3::1	2001:10::a	ICMPv6	174 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
1066	4104.283914	2001:10::a	2001:11::a	UDP	126 2993 → 2994 Len=64
1067	4104.285873	2001:3::1	2001:10::a	ICMPv6	174 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
1068	4104.286223	2001:10::a	2001:11::a	UDP	126 2993 → 2994 Len=64
1069	4104.289226	2001:3::1	2001:10::a	ICMPv6	174 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
1070	4104.289675	2001:10::a	2001:11::a	UDP	126 2993 → 2994 Len=64
1071	4104.292578	2001:11::a	2001:10::a	ICMPv6	174 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed
1072	4104.293944	2001:10::a	2001:11::a	UDP	126 2993 → 2994 Len=64
1073	4104.296516	2001:11::a	2001:10::a	ICMPv6	174 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed
1074	4104.298153	2001:10::a	2001:11::a	UDP	126 2993 → 2994 Len=64
1075	4104.300732	2001:11::a	2001:10::a	ICMPv6	174 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed
1076	4107.030950	fe80::e01:b4ff:fe78.. ff02::5		OSPF	90 Hello Packet

Рис. 2.73: Просмотр трафика

## 2.2 Построение туннеля IPv6–IPv4

Создадим новый проект в GNS3. В рабочем пространстве разместим и соедините устройства в соответствии с топологией. Используем маршрутизаторы VyOS. Изменим отображаемые названия устройств. На соединении между первым и третьим маршрутизаторами подключим анализатор трафика. (рис. 74)

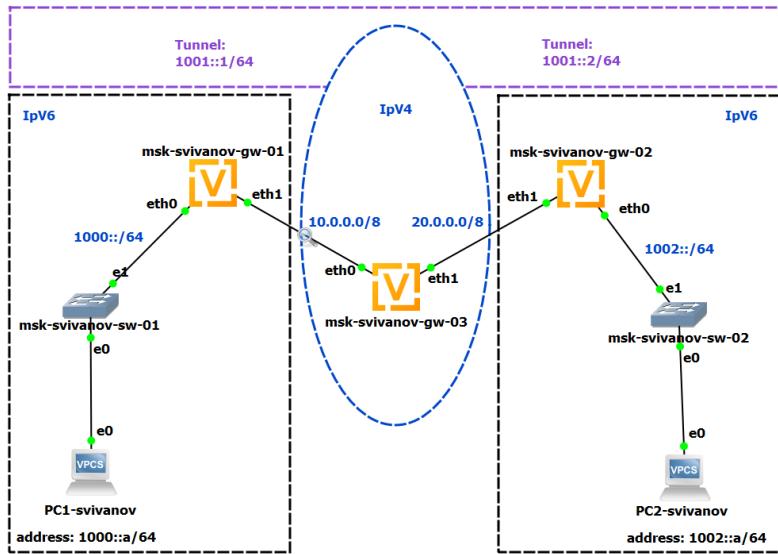


Рис. 2.74: Просмотр трафика

Присвоим адреса оконечным устройствам PC1 и PC2: (рис. 75, 76)

```

PC1-svivanov> ip 1000::a/64
PC1 : 1000::a/64

PC1-svivanov> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PC1-svivanov> show ipv6

NAME          : PC1-svivanov[1]
LINK-LOCAL SCOPE  : fe80::250:79ff:fe66:6800/64
GLOBAL SCOPE    : 1000::a/64
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC            : 00:50:79:66:68:00
LPORT          : 20012
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20013
MTU            : 1500

PC1-svivanov>

```

Рис. 2.75: Настройка PC1

```

PC2-svivanov> ip 1002::a/64
PC1 : 1002::a/64

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

PC2-svivanov> show ipv6

NAME          : PC2-svivanov[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          : 20014
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20015
MTU:          : 1500

PC2-svivanov> █

```

Рис. 2.76: Настройка PC2

На маршрутизаторах перейдем в режим конфигурирования, изменим имя устройства, настроим адреса на интерфейсах маршрутизаторов: (рис. 77-79)

```

VyOS is a free software distribution that includes multiple components,
you can check individual component licenses under /usr/share/doc/*copyright
vyos@msk-user-gw-01:~$ configure
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 1000::1/64
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 10.0.0.1/8
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# set service router-advert interface eth0 prefix 1000::/64
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# commit
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# █

```

Рис. 2.77: Настройка gw-01

```

vyos@msk-user-gw-02# set interfaces ethernet eth0 address 1002::1/64
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# set interfaces ethernet eth1 address 20.0.0.2/8
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# set service router-advert interface eth0 prefix 1002::/64
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# commit
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# █

```

Рис. 2.78: Настройка gw-02

```

vyos@msk-svivanov-gw-03:~$ configure
[edit]
vyos@msk-svivanov-gw-03# set interfaces ethernet eth0 address 10.0.0.2/8
[edit]
vyos@msk-svivanov-gw-03# set interfaces ethernet eth1 address 20.0.0.1/8
[edit]
vyos@msk-svivanov-gw-03# commit

Can't configure both static IPv4 and DHCP address on the same interface

[[interfaces ethernet eth0]] failed
Commit failed
[edit]
vyos@msk-svivanov-gw-03# delete interfaces ethernet eth0 address dhcp
[edit]
vyos@msk-svivanov-gw-03# commit
[edit]
vyos@msk-svivanov-gw-03# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-svivanov-gw-03# 

```

Рис. 2.79: Настройка gw-03

Проверим маршруты с маршрутизатора R1: (рис. 80)

```

vyos@msk-user-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=7.71 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=64 time=1.49 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=64 time=3.13 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=64 time=1.20 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=64 time=1.17 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=6 ttl=64 time=1.64 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=7 ttl=64 time=1.54 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=8 ttl=64 time=1.23 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=9 ttl=64 time=4.00 ms
64 bytes from 10.0.0.2: icmp_seq=10 ttl=64 time=1.71 ms
^C
--- 10.0.0.2 ping statistics ---
10 packets transmitted, 10 received, 0% packet loss, time 29ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.165/2.479/7.707/1.954 ms
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# ping 20.0.0.1
connect: Network is unreachable
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# ping 20.0.0.2
connect: Network is unreachable
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# 

```

Рис. 2.80: Проверка маршрутов

ping 10.0.0.2 (R3, интерфейс eth0): Успешно. Все 10 пакетов доставлены. Это объясняется тем, что адреса 10.0.0.1 (R1) и 10.0.0.2 (R3) находятся в одной подсети (10.0.0.0/8). Для связи используется прямое взаимодействие на канальном уровне.

Сначала выполняется разрешение MAC-адреса через протокол ARP (кадры 23-24).

Затем происходит непосредственный обмен ICMP Echo-запросами и ответа-

ми (кадры 25-46).

ping 20.0.0.1 (R3, интерфейс eth1): Неудачно. Сообщение об ошибке: connect: Network is unreachable.

ping 20.0.0.2 (R2, интерфейс eth1): Неудачно. Аналогичная ошибка: connect: Network is unreachable.

Сети 20.0.0.0/8 не подключены напрямую к маршрутизатору R1. В его таблице маршрутизации отсутствуют записи о том, как достичь этих сетей. Ошибка Network is unreachable возникает на уровне операционной системы маршрутизатора R1, который, не найдя подходящего маршрута, даже не пытается отправить пакет в сеть. Это подтверждается полным отсутствием в захвате трафика каких-либо пакетов, направленных на адреса 20.0.0.1 или 20.0.0.2. (рис. 81)

21 341.018465	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Discover - Transaction ID 0x6ca67073
22 349.670945	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342 DHCP Discover - Transaction ID 0x6ca67073
23 474.998493	0:c:0:7:a:e3:00:01	Broadcast	ARP	42 Who has 10.0.0.2? Tell 10.0.0.1
24 475.001722	0:c:0d:79:dd:00:00	0:c:00:7:a:e3:00:01	ARP	42 10.0.0.2 is at 0:c:0d:79:dd:00:00
25 475.003021	10.0.0.2	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xd71, seq=1/256, ttl=64 (request in 26)
26 475.004301	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xd71, seq=1/256, ttl=64 (request in 25)
27 475.009941	10.0.0.2	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xd71, seq=2/252, ttl=64 (request in 28)
28 475.010261	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xd71, seq=2/252, ttl=64 (request in 27)
29 477.004636	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xd71, seq=3/256, ttl=64 (request in 30)
30 477.006481	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xd71, seq=3/256, ttl=64 (request in 29)
31 478.006613	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xd71, seq=4/1024, ttl=64 (reply in 32)
32 478.007371	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xd71, seq=4/1024, ttl=64 (request in 31)
33 479.009342	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xd71, seq=5/1280, ttl=64 (reply in 34)
34 479.010856	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xd71, seq=5/1280, ttl=64 (request in 33)
35 480.011128	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xd71, seq=6/1536, ttl=64 (reply in 36)
36 480.012304	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xd71, seq=6/1536, ttl=64 (request in 35)
37 480.381333	0:c:0d:79:dd:00:00	0:c:00:7:a:e3:00:01	ARP	42 Who has 10.0.0.1? Tell 10.0.0.2
38 480.383395	0:c:00:7:a:e3:00:01	0:c:0d:79:dd:00:00	ARP	42 10.0.0.1 is at 0:c:00:7:a:e3:00:01
39 481.012519	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xd71, seq=7/1792, ttl=64 (reply in 40)
40 481.013487	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xd71, seq=7/1792, ttl=64 (request in 39)
41 482.014540	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xd71, seq=8/2048, ttl=64 (reply in 42)
42 482.015289	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xd71, seq=8/2048, ttl=64 (request in 41)
43 483.016211	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xd71, seq=9/2304, ttl=64 (reply in 44)
44 483.018013	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xd71, seq=9/2304, ttl=64 (request in 43)
45 484.016432	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0xd71, seq=10/2560, ttl=64 (reply in 46)
46 484.017464	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0xd71, seq=10/2560, ttl=64 (request in 45)

Рис. 2.81: Результаты проверки

Настроим маршрутизацию IPv4: (рис. 82-84)

```
vyos@msk-user-gw-01# set protocols rip network 10.0.0.0/8
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# commit
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-user-gw-01#
```

Рис. 2.82: Настройка gw-01

```

vyos@msk-user-gw-02# set protocols rip network 10.0.0.0/8
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# delete protocols rip network 10.0.0.0/8
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# set protocols rip network 20.0.0.0/8
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# commit
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-user-gw-02#

```

Рис. 2.83: Настройка gw-02

```

vyos@msk-svivanov-gw-03# set protocols rip network 10.0.0.0/8
[edit]
vyos@msk-svivanov-gw-03# set protocols rip network 20.0.0.0/8
[edit]
vyos@msk-svivanov-gw-03# commit
[edit]
vyos@msk-svivanov-gw-03# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-svivanov-gw-03#

```

Рис. 2.84: Настройка gw-03

Проверим маршруты: (рис. 85)

```

rtt min/avg/max/mdev = 1.304/2.049/2.919/0.584 ms
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# ping 20.0.0.1
PING 20.0.0.1 (20.0.0.1) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 20.0.0.1: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.33 ms
64 bytes from 20.0.0.1: icmp_seq=2 ttl=64 time=2.75 ms
64 bytes from 20.0.0.1: icmp_seq=3 ttl=64 time=1.04 ms
64 bytes from 20.0.0.1: icmp_seq=4 ttl=64 time=1.82 ms
64 bytes from 20.0.0.1: icmp_seq=5 ttl=64 time=1.19 ms
^C
--- 20.0.0.1 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 received, 0% packet loss, time 13ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.037/1.624/2.747/0.621 ms
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# ping 20.0.0.2
PING 20.0.0.2 (20.0.0.2) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=63 time=7.90 ms
64 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=63 time=5.00 ms
^C
--- 20.0.0.2 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 3ms
rtt min/avg/max/mdev = 4.996/6.448/7.901/1.454 ms
[edit]
vyos@msk-user-gw-01#

```

Рис. 2.85: Проверка маршрутов

Результаты проверки маршрутов с R1 после настройки RIP:  
ping 10.0.0.2 (R3): Успешно.

ping 20.0.0.1 (интерфейс R3): Успешно. Все 5 пакетов доставлены. Это стало возможным потому, что R3 через RIP анонсировал свою сеть 20.0.0.0/8 для R1.

ping 20.0.0.2 (R2): Успешно. Все 2 пакета доставлены.

Анализ трафика:

Наличие периодических multicast-пакетов RIPv2 Response от 10.0.0.2 (R3) на адрес 224.0.0.9 (кадры 53, 54, 55, 70, 87) подтверждает работу протокола динамической маршрутизации. (рис. 86)

53 855.040925	10.0.0.2	224.0.0.9	RIPv2	66 Response
54 877.042110	10.0.0.2	224.0.0.9	RIPv2	66 Response
55 908.045669	10.0.0.2	224.0.0.9	RIPv2	66 Response
56 935.851920	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x0e39, seq=1/256, ttl=64 (reply in 57)
57 935.851968	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x0e39, seq=1/256, ttl=64 (request in 56)
58 936.854174	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x0e39, seq=2/512, ttl=64 (reply in 59)
59 936.855940	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x0e39, seq=2/512, ttl=64 (request in 58)
60 937.855995	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x0e39, seq=3/768, ttl=64 (reply in 61)
61 937.857346	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x0e39, seq=3/768, ttl=64 (request in 60)
62 938.857904	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x0e39, seq=4/1024, ttl=64 (reply in 63)
63 938.860024	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x0e39, seq=4/1024, ttl=64 (request in 62)
64 939.859497	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x0e39, seq=5/1280, ttl=64 (reply in 65)
65 939.860251	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x0e39, seq=5/1280, ttl=64 (request in 64)
66 940.861767	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x0e39, seq=6/1536, ttl=64 (reply in 67)
67 940.862557	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x0e39, seq=6/1536, ttl=64 (request in 66)
68 941.032933	0c:0d:79:dd:00:00	0c:0d:7a:e3:00:01	ARP	42 Who has 10.0.0.2? Tell 10.0.0.1
69 941.033616	0c:0d:79:dd:00:00	0c:0d:7a:e3:00:01	ARP	42 10.0.0.2 is at 0c:0d:79:dd:00:00
70 941.051804	10.0.0.1	224.0.0.9	RIPv2	66 Response
71 941.051809	0c:0d:79:dd:00:00	0c:0d:7a:e3:00:01	ARP	42 Who has 10.0.0.17 Tell 10.0.0.2
72 941.181022	0c:0d:7a:e3:00:01	0c:0d:79:dd:00:00	ARP	42 10.0.0.17 is at 0c:0d:7a:e3:00:01
73 946.591324	10.0.0.1	20.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x0e3a, seq=1/256, ttl=64 (reply in 74)
74 946.592055	20.0.0.1	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x0e3a, seq=1/256, ttl=64 (request in 73)
75 947.593695	10.0.0.1	20.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x0e3a, seq=2/512, ttl=64 (reply in 76)
76 947.595214	20.0.0.1	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x0e3a, seq=2/512, ttl=64 (request in 75)
77 948.595807	10.0.0.1	20.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x0e3a, seq=3/768, ttl=64 (reply in 78)
78 948.595558	20.0.0.1	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x0e3a, seq=3/768, ttl=64 (request in 77)
79 949.597219	10.0.0.1	20.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x0e3a, seq=4/1024, ttl=64 (reply in 80)
80 949.598455	20.0.0.1	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x0e3a, seq=4/1024, ttl=64 (request in 79)
81 956.600395	10.0.0.1	20.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x0e3a, seq=5/1280, ttl=64 (reply in 82)
82 956.601187	20.0.0.1	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x0e3a, seq=5/1280, ttl=64 (request in 81)
83 954.297539	10.0.0.1	20.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x0e3b, seq=1/256, ttl=64 (reply in 84)
84 954.304665	20.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x0e3b, seq=1/256, ttl=63 (request in 83)
85 955.299636	10.0.0.1	20.0.0.2	ICMP	98 Echo (ping) request id=0x0e3b, seq=2/512, ttl=64 (reply in 86)
86 955.303229	20.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98 Echo (ping) reply id=0x0e3b, seq=2/512, ttl=63 (request in 85)
87 970.052332	10.0.0.2	224.0.0.9	RIPv2	66 Response

Рис. 2.86: Результаты проверки

Создадим туннель IPv6 через сеть IPv4: (рис. 87, 88)

```
vyos@msk-user-gw-01# set interfaces tunnel tun0 sour
source-address      source-interface
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# set interfaces tunnel tun0 source-address 10.0.0.1
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# set interfaces tunnel tun0 remote 20.0.0.2
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# set interfaces tunnel tun0 address 1001::1/64
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# commit
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-user-gw-01#
```

Рис. 2.87: Создание туннеля

```
vyos@msk-user-gw-02# set interfaces tunnel tun0 encapsulation sit
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# set interfaces tunnel tun0 sour
source-address    source-interface
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# set interfaces tunnel tun0 source-address 20.0.0.2
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# set interfaces tunnel tun0 remote 10.0.0.1
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# set interfaces tunnel tun0 address 1001::2/64
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# commit
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-user-gw-02#
```

Рис. 2.88: Создание туннеля

Настроим статическую маршрутизацию IPv6: (рис. 89, 90)

```
vyos@msk-user-gw-01# set protocols static route6 1002::0/64 next-hop 1001::2
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# commit
[edit]
vyos@msk-user-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-user-gw-01#
```

Рис. 2.89: Настройка gw-01

```
vyos@msk-user-gw-02# set protocols static route6 1000::0/64 next-hop 1001::1
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# commit
[edit]
vyos@msk-user-gw-02# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-user-gw-02#
```

Рис. 2.90: Настройка gw-02

Проверим доступность оконечных устройств: (рис. 91, 92)

```

PC1-svivanov> ping 1002::a

1002::a icmp6_seq=1 ttl=60 time=20.886 ms
1002::a icmp6_seq=2 ttl=60 time=4.828 ms
1002::a icmp6_seq=3 ttl=60 time=3.243 ms
1002::a icmp6_seq=4 ttl=60 time=5.471 ms
1002::a icmp6_seq=5 ttl=60 time=2.886 ms

PC1-svivanov> trace 1002::a

trace to 1002::a, 64 hops max
 1 1000::1  2.960 ms  0.639 ms  0.432 ms
 2 1001::2  5.782 ms  2.411 ms  2.094 ms
 3 1002::a  3.570 ms  2.551 ms  5.682 ms

PC1-svivanov> █

```

Рис. 2.91: Отправка пинга

```

PC2-svivanov> ping 1000::a

1000::a icmp6_seq=1 ttl=60 time=6.694 ms
1000::a icmp6_seq=2 ttl=60 time=6.872 ms
1000::a icmp6_seq=3 ttl=60 time=7.887 ms
1000::a icmp6_seq=4 ttl=60 time=5.591 ms
1000::a icmp6_seq=5 ttl=60 time=4.985 ms

PC2-svivanov> trace 1000::a

trace to 1000::a, 64 hops max
 1 1002::1  2.201 ms  0.366 ms  0.374 ms
 2 1001::1  4.772 ms  2.933 ms  2.777 ms
 3 1000::a  4.054 ms  2.287 ms  2.082 ms

PC2-svivanov> █

```

Рис. 2.92: Отправка пинга

Анализ результатов проверки: (рис. 93, 94)

ping и trace с PC1 к PC2: Успешно. Трассировка показывает путь: PC1 (1000::a)

- R1 (1000::1) - Конец туннеля на R2 (1001::2) - PC2 (1002::a).

ping и trace с PC2 к PC1: Успешно. Трассировка показывает симметричный путь: PC2 - R2 (1002::1) - Конец туннеля на R1 (1001::1) - PC1.

Результаты trace указывают на то, что трафик проходит через туннельные интерфейсы 1001::1 и 1001::2.

Анализ трафика:

Захват трафика был на физическом соединении между маршрутизаторами R1 и R3 (сеть 10.0.0.0/8).

Отсутствие чистого IPv6-трафика: В захвате не наблюдается пакетов IPv6 с адресами 1000::a или 1002::a, идущих между 10.0.0.1 и 20.0.0.2. Исходные IPv6-пакеты упакованы внутрь IPv4-пакетов для передачи по IPv4-сети.

Виден UDP-based traceroute от PC1 к PC2 (кадры 115-126). Ответы ICMPv6 Time Exceeded приходят с адреса 1001::2 — это туннельный интерфейс маршрутизатора R2. Факт получения этой ошибки с туннельного интерфейса доказывает, что IPv6-пакет дошел по туннелю до R2 и был там обработан.

102 1366.514435 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x763e, seq=1, hop limit=61 (request in 101)
103 1367.521626 1000::a 1002::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x763e, seq=2, hop limit=63 (reply in 104)
104 1367.524625 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x763e, seq=2, hop limit=61 (request in 103)
105 1368.528948 1000::a 1002::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x763e, seq=3, hop limit=63 (reply in 106)
106 1368.531115 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x763e, seq=3, hop limit=61 (request in 105)
107 1369.533441 1000::a 1002::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x763e, seq=4, hop limit=63 (reply in 108)
108 1369.536928 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x763e, seq=4, hop limit=61 (request in 107)
109 1370.539558 1000::a 1002::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x763e, seq=5, hop limit=63 (reply in 110)
110 1370.541456 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x763e, seq=5, hop limit=61 (request in 109)
111 1371.625811 0::0::7:a::e3::00::01 0::0::79::d0::00::00 ARP 42 Who has 10.0.0.2? Tell 10.0.0.1
112 1371.626679 0::0::79::d0::00::00 0::0::7:a::e3::00::01 ARP 42 10.0.0.2 is at 0::0::79::d0::00::00
113 1371.772795 0::0::79::d0::00::00 0::0::7:a::e3::00::01 ARP 42 Who has 10.0.0.1? Tell 10.0.0.2
114 1371.774151 0::0::7:a::e3::00::01 0::0::79::d0::00::00 ARP 42 10.0.0.1 is at 0::0::7:a::e3::00::01
115 1377.998816 1000::a 1002::a UDP 146 11057 + 11058 Len:64
116 1377.103413 1001::2 1000::a ICMPv6 194 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
117 1377.105707 1000::a 1002::a UDP 146 11057 + 11058 Len:64
118 1377.107149 1001::2 1000::a ICMPv6 194 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
119 1377.110643 1000::a 1002::a UDP 146 11057 + 11058 Len:64
120 1377.111652 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
121 1377.113173 1000::a 1002::a UDP 146 11057 + 11058 Len:64
122 1377.116009 1002::a 1000::a ICMPv6 194 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed Packet]
123 1377.117952 1000::a 1002::a UDP 146 11057 + 11058 Len:64
124 1377.119488 1002::a 1000::a ICMPv6 194 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed Packet]
125 1377.122643 1000::a 1002::a UDP 146 11057 + 11058 Len:64
126 1377.127124 1002::a 1000::a ICMPv6 194 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed Packet]
127 1394.098944 10.0.0.2 224.0.0.9 RIPv2 66 Response
128 1415.411878 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x73e, seq=1, hop limit=63 (reply in 129)
129 1415.414735 1000::a 1002::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x73e, seq=1, hop limit=61 (request in 128)
130 1415.416053 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x73e, seq=2, hop limit=63 (reply in 131)
131 1415.422396 1000::a 1002::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x73e, seq=2, hop limit=61 (request in 130)
132 1417.429487 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x73e, seq=3, hop limit=63 (reply in 133)
133 1417.432984 1000::a 1002::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x73e, seq=3, hop limit=61 (request in 132)
134 1418.438912 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x73e, seq=4, hop limit=63 (reply in 135)
135 1418.441378 1000::a 1002::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x73e, seq=4, hop limit=61 (request in 134)
136 1419.447039 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x73e, seq=5, hop limit=63 (reply in 137)
137 1417.432984 1000::a 1002::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x73e, seq=5, hop limit=61 (request in 132)
138 1418.439912 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x73e, seq=6, hop limit=63 (reply in 135)
139 1418.441378 1000::a 1002::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x73e, seq=6, hop limit=61 (request in 134)
140 1419.447039 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x73e, seq=7, hop limit=63 (reply in 137)
141 1420.781074 0::0::79::d0::00::00 0::0::7:a::e3::00::01 ARP 42 Who has 10.0.0.2? Tell 10.0.0.1
142 1420.781985 0::0::79::d0::00::00 0::0::7:a::e3::00::01 ARP 42 Who has 10.0.0.1? Tell 10.0.0.2
143 1420.813263 0::0::79::d0::00::00 0::0::7:a::e3::00::01 ARP 42 10.0.0.1 is at 0::0::79::d0::00::01
144 1420.814122 0::0::79::d0::00::00 0::0::7:a::e3::00::01 ARP 42 Who has 10.0.0.2? Tell 10.0.0.1
145 1420.779985 0::0::79::d0::00::00 0::0::7:a::e3::00::01 ARP 42 Who has 10.0.0.1? Tell 10.0.0.2
146 1420.817020 0::0::79::d0::00::00 0::0::7:a::e3::00::01 ARP 42 10.0.0.2 is at 0::0::79::d0::00::00
147 1424.325063 1002::a 1000::a UDP 146 11057 + 11058 Len:64
148 1424.331585 1002::a 1000::a ICMPv6 194 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
149 1424.332196 1001::1 1002::a ICMPv6 194 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
146 1424.335975 1002::a 1000::a UDP 146 11057 + 11058 Len:64
147 1424.336633 1001::1 1002::a ICMPv6 194 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
148 1424.341744 1002::a 1000::a UDP 146 11057 + 11058 Len:64
149 1424.341744 1002::a 1000::a ICMPv6 144 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed Packet]
150 1424.345972 1002::a 1000::a UDP 146 11057 + 11058 Len:64
151 1424.346604 1000::1 1002::a ICMPv6 194 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed Packet]
152 1424.348713 1002::a 1000::a UDP 146 11057 + 11058 Len:64
153 1424.349359 1000::a 1002::a ICMPv6 194 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed Packet]
154 1429.108386 10.0.0.2 224.0.0.9 RIPv2 66 Response
155 1464.108250 10.0.0.2 224.0.0.9 RIPv2 66 Response

Рис. 2.93: Анализ

127 1394.098944 10.0.0.2 224.0.0.9 RIPv2 66 Response
128 1415.411878 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x73e, seq=1, hop limit=63 (reply in 129)
129 1415.414735 1000::a 1002::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x73e, seq=1, hop limit=61 (request in 128)
130 1415.416053 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x73e, seq=2, hop limit=63 (reply in 131)
131 1415.422396 1000::a 1002::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x73e, seq=2, hop limit=61 (request in 130)
132 1417.429487 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x73e, seq=3, hop limit=63 (reply in 133)
133 1417.432984 1000::a 1002::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x73e, seq=3, hop limit=61 (request in 132)
134 1418.438912 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x73e, seq=4, hop limit=63 (reply in 135)
135 1418.441378 1000::a 1002::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x73e, seq=4, hop limit=61 (request in 134)
136 1419.447039 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x73e, seq=5, hop limit=63 (reply in 137)
137 1417.432984 1000::a 1002::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x73e, seq=5, hop limit=61 (request in 132)
138 1418.439912 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x73e, seq=6, hop limit=63 (reply in 135)
139 1418.441378 1000::a 1002::a ICMPv6 138 Echo (ping) reply id=0x73e, seq=6, hop limit=61 (request in 134)
140 1419.447039 1002::a 1000::a ICMPv6 138 Echo (ping) request id=0x73e, seq=7, hop limit=63 (reply in 137)
141 1420.781074 0::0::79::d0::00::00 0::0::7:a::e3::00::01 ARP 42 Who has 10.0.0.2? Tell 10.0.0.1
142 1420.781985 0::0::79::d0::00::00 0::0::7:a::e3::00::01 ARP 42 Who has 10.0.0.1? Tell 10.0.0.2
143 1420.813263 0::0::79::d0::00::00 0::0::7:a::e3::00::01 ARP 42 10.0.0.1 is at 0::0::79::d0::00::01
144 1420.814122 0::0::79::d0::00::00 0::0::7:a::e3::00::01 ARP 42 Who has 10.0.0.2? Tell 10.0.0.1
145 1420.779985 0::0::79::d0::00::00 0::0::7:a::e3::00::01 ARP 42 Who has 10.0.0.1? Tell 10.0.0.2
146 1420.817020 0::0::79::d0::00::00 0::0::7:a::e3::00::01 ARP 42 10.0.0.2 is at 0::0::79::d0::00::00
147 1424.325063 1002::a 1000::a UDP 146 11057 + 11058 Len:64
148 1424.331585 1002::a 1000::a ICMPv6 194 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
149 1424.332196 1001::1 1002::a ICMPv6 194 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
146 1424.335975 1002::a 1000::a UDP 146 11057 + 11058 Len:64
147 1424.336633 1001::1 1002::a ICMPv6 194 Time Exceeded (Hop limit exceeded in transit)
148 1424.341744 1002::a 1000::a UDP 146 11057 + 11058 Len:64
149 1424.341744 1002::a 1000::a ICMPv6 144 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed Packet]
150 1424.345972 1002::a 1000::a UDP 146 11057 + 11058 Len:64
151 1424.346604 1000::1 1002::a ICMPv6 194 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed Packet]
152 1424.348713 1002::a 1000::a UDP 146 11057 + 11058 Len:64
153 1424.349359 1000::a 1002::a ICMPv6 194 Destination Unreachable (Port unreachable)[Malformed Packet]
154 1429.108386 10.0.0.2 224.0.0.9 RIPv2 66 Response
155 1464.108250 10.0.0.2 224.0.0.9 RIPv2 66 Response

Рис. 2.94: Анализ

## 2.3 Задание для самостоятельного выполнения

Необходимо настроить динамическую маршрутизацию сетей IPv4 и IPv6 для протоколов RIP, OSPF, проверить соединения и маршруты.

Создадим таблицы адресации. (рис. 95, 96)

Таблица адресов сетей

Устройства	Сеть IPv4	Сеть IPv6
PC1-gw-01	10.10.1.96/27	2001:db8:1:1::/64
PC2-gw-02	10.10.1.64/28	2001:db8:1:6::/64
gw-01-gw-03	10.10.1.4/30	2001:db8:1:2::/64
gw-01-gw-04	10.10.1.8/30	2001:db8:1:3::/64
gw-03-gw-02	10.10.1.16/30	2001:db8:1:4::/64
gw-04-gw-02	10.10.1.32/30	2001:db8:1:5::/64

Рис. 2.95: Таблица адресов сетей

Устройство	Интерфейс	Адрес/Префикс	Шлюз по умолчанию	Следующее устройство
gw-01	eth0	10.10.1.97/27	n/a	PC1
gw-01	eth0	2001:db8:1:1::1/64	n/a	PC1
gw-01	eth1	10.10.1.5/30	n/a	gw-03
gw-01	eth1	2001:db8:1:2::1/64	n/a	gw-03
gw-01	eth2	10.10.1.9/30	n/a	gw-04
gw-01	eth2	2001:db8:1:3::1/64	n/a	gw-04
gw-02	eth0	10.10.1.65/28	n/a	PC2
gw-02	eth0	2001:db8:1:6::1/64	n/a	PC2
gw-02	eth1	10.10.1.17/30	n/a	gw-03
gw-02	eth1	2001:db8:1:4::1/64	n/a	gw-03
gw-02	eth2	10.10.1.33/30	n/a	gw-04
gw-02	eth2	2001:db8:1:5::1/64	n/a	gw-04
gw-03	eth0	10.10.1.6/30	n/a	gw-01
gw-03	eth0	2001:db8:1:2::2/64	n/a	gw-01
gw-03	eth1	10.10.1.18/30	n/a	gw-02
gw-03	eth1	2001:db8:1:4::2/64	n/a	gw-02
gw-04	eth0	10.10.1.34/30	n/a	gw-02
gw-04	eth0	2001:db8:1:5::2/64	n/a	gw-02
gw-04	eth1	10.10.1.10/30	n/a	gw-01
gw-04	eth1	2001:db8:1:3::2/64	n/a	gw-01
PC1	NIC	10.10.1.100/27	10.10.1.97	gw-01
PC1	NIC	2001:db8:1:1::a/64	n/a	gw-01
PC2	NIC	10.10.1.70/28	10.10.1.65	gw-02
PC2	NIC	2001:db8:1:6::a/64	n/a	gw-02

Рис. 2.96: Таблица адресации

Схема L1 (рис. 97)

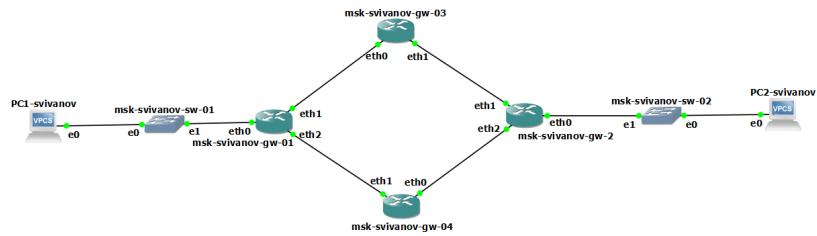


Рис. 2.97: Схема L1

Схема L3 (рис. 98)

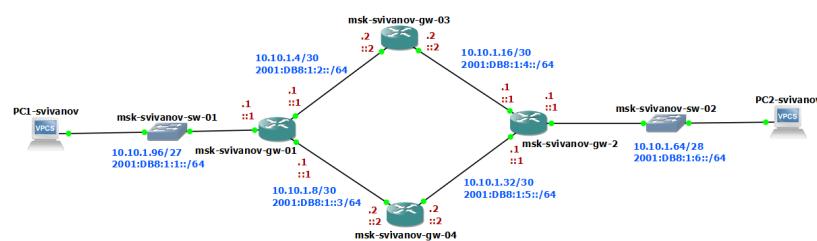


Рис. 2.98: Схема L3

Создадим новый проект, построим сеть в соответствии с заданной топологией, дадим названия устройствам, соединим их и включим. (рис. 99)

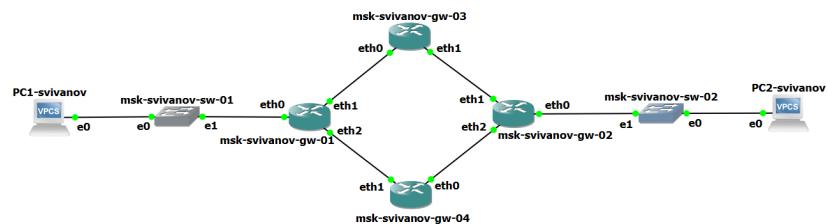


Рис. 2.99: Создание сети

Присвоим IPv4-адреса окончным устройствам PC1 и PC2: (рис. 100, 101)

```
PC1-svivanov> ip 10.10.1.100/27 10.10.1.97/27
Checking for duplicate address...
PC1-svivanov : 10.10.1.100 255.255.255.224 gateway 10.10.1.97

PC1-svivanov> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PC1-svivanov> show ip

NAME      : PC1-svivanov[1]
IP/MASK   : 10.10.1.100/27
GATEWAY   : 10.10.1.97
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 20064
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20065
MTU       : 1500

PC1-svivanov> █
```

Рис. 2.100: Настройка PC1

```
PC2-svivanov> ip 10.10.1.70/28 10.10.1.65/28
Checking for duplicate address...
PC2-svivanov : 10.10.1.70 255.255.255.240 gateway 10.10.1.65

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

PC2-svivanov> show ip

NAME      : PC2-svivanov[1]
IP/MASK   : 10.10.1.70/28
GATEWAY   : 10.10.1.65
DNS       :
MAC       : 00:50:79:66:68:01
LPORT     : 20082
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20083
MTU       : 1500

PC2-svivanov> █
```

Рис. 2.101: Настройка PC2

Настроим IPv4-адреса на интерфейсах маршрутизаторов: (рис. 102-105)

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-svivanov-gw-01
msk-svivanov-gw-01(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-01(config-if)# ip address 10.10.1.97/27
msk-svivanov-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-01(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-01(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-01(config-if)# ip address 10.10.1.5/30
msk-svivanov-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-01(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-01(config)# interface eth2
msk-svivanov-gw-01(config-if)# ip address 10.10.1.9/30
msk-svivanov-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-01(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-01(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-01# show running-config
```

Рис. 2.102: Настройка gw-01

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-svivanov-gw-02
msk-svivanov-gw-02(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-02(config-if)# ip address 10.10.1.65/28
msk-svivanov-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-02(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-02(config-if)# ip address 10.10.1.17/30
msk-svivanov-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-02(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# interface eth2
msk-svivanov-gw-02(config-if)# ip address 10.10.1.33/30
msk-svivanov-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-02(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# exit
msk-svivanov-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-02# show running-config
```

Рис. 2.103: Настройка gw-02

```
msk-svivanov-gw-03# configure terminal
msk-svivanov-gw-03(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-03(config-if)# ip address 10.10.1.6/30
msk-svivanov-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-03(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-03(config-if)# ip address 10.10.1.18/30
msk-svivanov-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-03(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# exit
msk-svivanov-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-03#
```

Рис. 2.104: Настройка gw-03

```
msk-svivanov-gw-04# configure terminal
msk-svivanov-gw-04(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-04(config-if)# ip address 10.10.1.34/30
msk-svivanov-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-04(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-04(config-if)# ip address 10.10.1.10/30
msk-svivanov-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-04(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-04#
```

Рис. 2.105: Настройка gw-04

Присвоим IPv6-адреса оконечным устройствам PC1 и PC2: (рис. 106, 107)

```
PC1-svivanov> ip 2001:db8:1:1::a/64
PC1 : 2001:db8:1:1::a/64

PC1-svivanov> save
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

PC1-svivanov> show ipv6

NAME          : PC1-svivanov[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          : 20064
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20065
MTU            : 1500

PC1-svivanov> █
```

Рис. 2.106: Настройка PC1

```
PC2-svivanov> ip 2001:db8:1:6::a/64
PC1 : 2001:db8:1:6::a/64

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

PC2-svivanov> show ipv6

NAME          : PC2-svivanov[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE    : 2001:db8:1:6::a/64
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC            : 00:50:79:66:68:01
LPORT          : 20082
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20083
MTU            : 1500

PC2-svivanov> █
```

Рис. 2.107: Настройка PC2

Настроим IPv6-адреса на интерфейсах маршрутизаторов: (рис. 108-111)

```

msk-svivanov-gw-01# configure terminal
msk-svivanov-gw-01(config)# ipv6 forwarding
msk-svivanov-gw-01(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-01(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:1::1/64
msk-svivanov-gw-01(config-if)# no ipv6 nd suppress-ra
msk-svivanov-gw-01(config-if)# ipv6 nd prefix 2001:db8:1:1::/64
msk-svivanov-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-01(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-01(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-01(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:2::1/64
msk-svivanov-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-01(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-01(config)# interface eth2
msk-svivanov-gw-01(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:3::1/64
msk-svivanov-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-01(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-01(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-01# show running-config
Building configuration ...

```

Рис. 2.108: Настройка gw-01

```

msk-svivanov-gw-02# configure terminal
msk-svivanov-gw-02(config)# ipv6 forwarding
msk-svivanov-gw-02(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-02(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:6::1/64
msk-svivanov-gw-02(config-if)# no ipv6 nd suppress-ra
msk-svivanov-gw-02(config-if)# ipv6 nd prefix 2001:db8:1:6::/64
msk-svivanov-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-02(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-02(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:4::1/64
msk-svivanov-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-02(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# interface eth2
msk-svivanov-gw-02(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:5::1/64
msk-svivanov-gw-02(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-02(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# exit
msk-svivanov-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-02# 

```

Рис. 2.109: Настройка gw-02

```

msk-svivanov-gw-03# configure
msk-svivanov-gw-03(config)# ipv6 forwarding
msk-svivanov-gw-03(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-03(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:2::2/64
msk-svivanov-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-03(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-03(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:4::2/64
msk-svivanov-gw-03(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-03(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# exit
msk-svivanov-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-03# 

```

Рис. 2.110: Настройка gw-03

```
msk-svivanov-gw-04# configure terminal
msk-svivanov-gw-04(config)# ipv6 forwarding
msk-svivanov-gw-04(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-04(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:5::2/64
msk-svivanov-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-04(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-04(config-if)# ipv6 address 2001:db8:1:3::2/64
msk-svivanov-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-04(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-04# █
```

Рис. 2.111: Настройка gw-04

### **Настройка динамической маршрутизации по протоколу RIP:**

На маршрутизаторах настроим RIP в качестве протокола динамической маршрутизации: (рис. 112-115)

```
msk-svivanov-gw-01# configure terminal
msk-svivanov-gw-01(config)# router rip
msk-svivanov-gw-01(config-router)# version
% Command incomplete: version
msk-svivanov-gw-01(config-router)# version 2
msk-svivanov-gw-01(config-router)# network eth0
msk-svivanov-gw-01(config-router)# network eth1
msk-svivanov-gw-01(config-router)# network eth2
msk-svivanov-gw-01(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-01(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-01# █
```

Рис. 2.112: Настройка gw-01

```
msk-svivanov-gw-02# configure terminal
msk-svivanov-gw-02(config)# router rip
msk-svivanov-gw-02(config-router)# version 2
msk-svivanov-gw-02(config-router)# network eth0
msk-svivanov-gw-02(config-router)# network eth1
msk-svivanov-gw-02(config-router)# network eth2
msk-svivanov-gw-02(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# exit
msk-svivanov-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-02#
```

Рис. 2.113: Настройка gw-02

```
msk-svivanov-gw-03# configure terminal
msk-svivanov-gw-03(config)# router rip
msk-svivanov-gw-03(config-router)# version 2
msk-svivanov-gw-03(config-router)# network eth0
msk-svivanov-gw-03(config-router)# network eth1
msk-svivanov-gw-03(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# exit
msk-svivanov-gw-03# memory
% Unknown command: memory
msk-svivanov-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-03#
```

Рис. 2.114: Настройка gw-03

```
msk-svivanov-gw-04# configure terminal
msk-svivanov-gw-04(config)# router rip
msk-svivanov-gw-04(config-router)# version 2
msk-svivanov-gw-04(config-router)# network eth0
msk-svivanov-gw-04(config-router)# network eth1
msk-svivanov-gw-04(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-04#
```

Рис. 2.115: Настройка gw-04

Проверим пути прохождения пакетов: С PC1 пропингуем PC2 и определим путь следования пакетов. Пакеты идут через gw-03 (рис. 116)

```

PC1-svivanov> ping 10.10.1.70
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=1 ttl=61 time=3.926 ms
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=2 ttl=61 time=3.990 ms
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=3 ttl=61 time=3.565 ms
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=4 ttl=61 time=5.832 ms
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=5 ttl=61 time=5.021 ms

PC1-svivanov> trace 10.10.1.70 -P 6
trace to 10.10.1.70, 8 hops max (TCP), press Ctrl+C to stop
 1  10.10.1.97    5.641 ms  0.555 ms  0.296 ms
 2  10.10.1.6    4.849 ms  2.517 ms  2.652 ms
 3  10.10.1.17   8.736 ms  1.800 ms  1.625 ms
 4  10.10.1.70   2.535 ms  2.400 ms  2.570 ms

PC1-svivanov>

```

Рис. 2.116: Отправка пинга

Проверим метрики протокола RIP: (рис. 117)

```

msk-svivanov-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) 10.10.1.4/30      0.0.0.0           1 self            0
C(i) 10.10.1.8/30      0.0.0.0           1 self            0
R(n) 10.10.1.16/30     10.10.1.6          2 10.10.1.6      0 02:54
R(n) 10.10.1.32/30     10.10.1.10          2 10.10.1.10      0 02:43
R(n) 10.10.1.64/28     10.10.1.6          3 10.10.1.6      0 02:54
C(i) 10.10.1.96/27     0.0.0.0           1 self            0
msk-svivanov-gw-01#

```

Рис. 2.117: Проверка метрик

Пакет проходит через маршрутизатор gw-03. Отключим на маршрутизаторе gw-03 интерфейс. С PC1 пропингуем PC2. Теперь пакеты идут через gw-04. При мерное время восстановления маршрута - 1 минута. (рис. 118)

```

PC1-svivanov> ping 10.10.1.70
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=1 ttl=61 time=7.636 ms
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=2 ttl=61 time=6.249 ms
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=3 ttl=61 time=8.910 ms
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=4 ttl=61 time=3.982 ms
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=5 ttl=61 time=4.137 ms

PC1-svivanov> trace 10.10.1.70 -P 6
trace to 10.10.1.70, 8 hops max (TCP), press Ctrl+C to stop
 1  10.10.1.97    0.753 ms  0.677 ms  0.608 ms
 2  10.10.1.10   3.962 ms  1.725 ms  1.980 ms
 3  10.10.1.33   2.248 ms  1.713 ms  3.151 ms
 4  10.10.1.70   2.152 ms  2.616 ms  2.920 ms

PC1-svivanov>

```

Рис. 2.118: Отключение интерфейса и отправка пинга

На маршрутизаторах настроим RIPng для сетей IPv6: (рис. 119-122)

```
msk-svivanov-gw-01# configure terminal
msk-svivanov-gw-01(config)# router ripng
msk-svivanov-gw-01(config-router)# network eth0
msk-svivanov-gw-01(config-router)# network eth1
msk-svivanov-gw-01(config-router)# network eth2
msk-svivanov-gw-01(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-01(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-01#
```

Рис. 2.119: Настройка gw-01

```
msk-svivanov-gw-02(config)# router ripng
msk-svivanov-gw-02(config-router)# network eth0
msk-svivanov-gw-02(config-router)# network eth1
msk-svivanov-gw-02(config-router)# network eth2
msk-svivanov-gw-02(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# exit
msk-svivanov-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-02#
```

Рис. 2.120: Настройка gw-02

```
msk-svivanov-gw-03(config)# router ripng
msk-svivanov-gw-03(config-router)# network eth0
msk-svivanov-gw-03(config-router)# network eth1
msk-svivanov-gw-03(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# exit
msk-svivanov-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-03#
```

Рис. 2.121: Настройка gw-03

```

msk-svivanov-gw-04# configure terminal
msk-svivanov-gw-04(config)# router ripng
msk-svivanov-gw-04(config-router)# network eth0
msk-svivanov-gw-04(config-router)# network eth1
msk-svivanov-gw-04(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-04# 
```

Рис. 2.122: Настройка gw-04

С PC1 пропингуем PC2. Пакеты идут через gw-03. (рис. 123)

```

PC1-svivanov> ping 2001:db8:1:6::a/64

2001:db8:1:6::a icmp6_seq=1 ttl=58 time=10.478 ms
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=2 ttl=58 time=3.379 ms
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=3 ttl=58 time=4.604 ms
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=4 ttl=58 time=3.503 ms
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=5 ttl=58 time=3.431 ms

PC1-svivanov> trace 2001:db8:1:6::a/64

trace to 2001:db8:1:6::a, 64 hops max
 1 2001:db8:1:1::1    2.836 ms   4.261 ms   4.406 ms
 2 2001:db8:1:2::2    11.506 ms   1.293 ms   1.505 ms
 3 2001:db8:1:4::1    3.842 ms   1.829 ms   1.586 ms
 4 2001:db8:1:6::a    1.446 ms   2.244 ms   1.908 ms

PC1-svivanov> 
```

Рис. 2.123: Отправка пинга

Проверим метрики протокола RIPng: (рис. 124)

```

msk-svivanov-gw-01# show ipv6 ripng
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:db8:1:1::/64          ::        self      1     0
                                ::        self      1     0
C(i) 2001:db8:1:2::/64          ::        self      1     0
                                ::        self      1     0
C(i) 2001:db8:1:3::/64          ::        self      1     0
                                ::        self      1     0
R(n) 2001:db8:1:4::/64          fe80::e2d:88ff:fe7c:0    eth1      2     0 02:51
R(n) 2001:db8:1:5::/64          fe80::e2e:95ff:fed7:1    eth2      2     0 02:41
R(n) 2001:db8:1:6::/64          fe80::e2d:88ff:fe7c:0    eth1      3     0 02:51
msk-svivanov-gw-01# 
```

Рис. 2.124: Проверка метрик

Пакет проходит через маршрутизатор gw-03. Отключим на маршрутизаторе gw-03 интерфейс. С PC1 пропингуем PC2. Теперь пакеты идут через gw-04. Примерное время восстановления маршрута - 1 минута. (рис. 125)

```
PC1-svivanov> ping 2001:db8:1:6::a/64

2001:db8:1:6::a icmp6_seq=1 ttl=58 time=5.087 ms
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=2 ttl=58 time=3.092 ms
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=3 ttl=58 time=7.114 ms
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=4 ttl=58 time=4.400 ms
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=5 ttl=58 time=2.991 ms

PC1-svivanov> trace 2001:db8:1:6::a/64

trace to 2001:db8:1:6::a, 64 hops max
 1 2001:db8:1:1::1    1.519 ms  0.693 ms  0.382 ms
 2 2001:db8:1:3::2    2.756 ms  1.947 ms  0.836 ms
 3 2001:db8:1:5::1    2.261 ms  2.707 ms  1.523 ms
 4 2001:db8:1:6::a    4.077 ms  2.777 ms  1.783 ms

PC1-svivanov> █
```

Рис. 2.125: Отключение интерфейса и отправка пинга

### Настройка динамической маршрутизации по протоколу OSPF:

На маршрутизаторах настроим OSPFv2 для сетей IPv4: (рис. 126-129)

```
msk-svivanov-gw-01(config)# router ospf
msk-svivanov-gw-01(config-router)# network 10.10.1.96/27 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-01(config-router)# network 10.10.1.4/30 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-01(config-router)# network 10.10.1.8/30 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-01(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-01(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-01# █
```

Рис. 2.126: Настройка gw-01

```
msk-svivanov-gw-02(config)# router ospf
msk-svivanov-gw-02(config-router)# network 10.10.1.64/28 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-02(config-router)# network 10.10.1.16/30 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-02(config-router)# network 10.10.1.32/30 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-02(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# exit
msk-svivanov-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-02# █
```

Рис. 2.127: Настройка gw-02

```
msk-svivanov-gw-03(config)# router ospf
msk-svivanov-gw-03(config-router)# network
% Command incomplete: network
msk-svivanov-gw-03(config-router)# network 10.10.1.4/30 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-03(config-router)# network 10.10.1.16/30 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-03(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# exit
msk-svivanov-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-03#
```

Рис. 2.128: Настройка gw-03

```
msk-svivanov-gw-04# configure terminal
msk-svivanov-gw-04(config)# router ospf
msk-svivanov-gw-04(config-router)# network 10.10.1.8/30 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-04(config-router)# network 10.10.1.32/30 area 0.0.0.0
msk-svivanov-gw-04(config-router)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-04#
```

Рис. 2.129: Настройка gw-04

С PC1 пропингуем PC2. Пакеты идут через gw-04. (рис. 130)

```
PC1-svivanov> ping 10.10.1.70
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=1 ttl=61 time=9.988 ms
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=2 ttl=61 time=5.196 ms
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=3 ttl=61 time=4.334 ms
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=4 ttl=61 time=6.450 ms
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=5 ttl=61 time=3.520 ms

PC1-svivanov> trace 10.10.1.70 -P 6
trace to 10.10.1.70, 8 hops max (TCP), press Ctrl+C to stop
 1  10.10.1.97  1.029 ms  0.288 ms  0.444 ms
 2  10.10.1.10  2.422 ms  1.938 ms  1.595 ms
 3  10.10.1.17  3.267 ms  2.292 ms  1.736 ms
 4  10.10.1.70  2.431 ms  1.749 ms  1.654 ms

PC1-svivanov>
```

Рис. 2.130: Отправка пинга

Пакет проходит через маршрутизатор gw-04. Отключим на маршрутизаторе gw-04 интерфейс: (рис. 131)

```
msk-svivanov-gw-04# configure terminal
msk-svivanov-gw-04(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-04(config-if)# shutdown
msk-svivanov-gw-04(config-if)#[
```

Рис. 2.131: Отключение интерфейса

С PC1 пропингуем PC2. Пакеты идут через gw-03. Примерное время восстановления маршрута - 1 минута. (рис. 132)

```
PC1-svivanov> ping 10.10.1.70
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=1 ttl=61 time=5.917 ms
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=2 ttl=61 time=2.880 ms
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=3 ttl=61 time=6.305 ms
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=4 ttl=61 time=3.892 ms
84 bytes from 10.10.1.70 icmp_seq=5 ttl=61 time=3.376 ms

PC1-svivanov> trace 10.10.1.70 -P 6
trace to 10.10.1.70, 8 hops max (TCP), press Ctrl+C to stop
 1  10.10.1.97   1.335 ms  0.404 ms  0.418 ms
 2  10.10.1.6   1.919 ms  2.079 ms  1.838 ms
 3  10.10.1.17   1.688 ms  1.990 ms  1.347 ms
 4  10.10.1.70   1.848 ms  1.999 ms  1.694 ms

PC1-svivanov>[
```

Рис. 2.132: Отправка пинга

На маршрутизаторах настроим OSPFv3 для сетей IPv6: (рис. 133-136)

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

Рис. 2.133: Настройка gw-01

```
msk-svivanov-gw-02# configure terminal
msk-svivanov-gw-02(config)# router ospf6
msk-svivanov-gw-02(config-ospf6)# ospf6 router-id 2.2.2.2
msk-svivanov-gw-02(config-ospf6)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-02(config-if)# ipv6 ospf area 0
msk-svivanov-gw-02(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-02(config-if)# ipv6 ospf area 0
msk-svivanov-gw-02(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# interface eth2
msk-svivanov-gw-02(config-if)# ipv6 ospf area 0
msk-svivanov-gw-02(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-02(config)# exit
msk-svivanov-gw-02# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-02#
```

Рис. 2.134: Настройка gw-02

```
msk-svivanov-gw-03# configure terminal
msk-svivanov-gw-03(config)# router ospf6
msk-svivanov-gw-03(config-ospf6)# ospf6 router-id 3.3.3.3
msk-svivanov-gw-03(config-ospf6)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-03(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-svivanov-gw-03(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-03(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-svivanov-gw-03(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-03(config)# exit
msk-svivanov-gw-03# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-svivanov-gw-03#
```

Рис. 2.135: Настройка gw-03

```
msk-svivanov-gw-04# configure terminal
msk-svivanov-gw-04(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-04(config-if)# shutdown
msk-svivanov-gw-04(config-if)# no shutdown
msk-svivanov-gw-04(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# router ospf6
msk-svivanov-gw-04(config-ospf6)# ospf6 router-id 4.4.4.4
msk-svivanov-gw-04(config-ospf6)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-04(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-svivanov-gw-04(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# interface eth1
msk-svivanov-gw-04(config-if)# ipv6 ospf6 area 0
msk-svivanov-gw-04(config-if)# exit
msk-svivanov-gw-04(config)# exit
msk-svivanov-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-svivanov-gw-04#
```

Рис. 2.136: Настройка gw-04

С PC1 пропингуем PC2. Пакеты идут через gw-03. (рис. 137)

```
PC1-svivanov> ping 2001:db8:1:6::a/64
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=1 ttl=58 time=5.041 ms
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=2 ttl=58 time=6.896 ms
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=3 ttl=58 time=3.557 ms
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=4 ttl=58 time=3.201 ms
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=5 ttl=58 time=4.032 ms

PC1-svivanov> trace 2001:db8:1:6::a/64
trace to 2001:db8:1:6::a, 64 hops max
 1 2001:db8:1:1::1    3.157 ms   1.216 ms   1.011 ms
 2 2001:db8:1:2::2    2.169 ms   1.161 ms   0.945 ms
 3 2001:db8:1:4::1    1.887 ms   1.802 ms   1.772 ms
 4 2001:db8:1:6::a    1.762 ms   2.492 ms   2.695 ms

PC1-svivanov> █
```

Рис. 2.137: Отправка пинга

Пакет проходит через маршрутизатор gw-03. Отключим на маршрутизаторе gw-03 интерфейс: (рис. 138)

```
msk-svivanov-gw-03# configure
msk-svivanov-gw-03(config)# configure te
% Unknown command: configure te
msk-svivanov-gw-03(config)# interface eth0
msk-svivanov-gw-03(config-if)# shutdown
msk-svivanov-gw-03(config-if)# █
```

Рис. 2.138: Отключение интерфейса

С PC1 пропингуем PC2. Пакеты идут через gw-04. Примерное время восстановления маршрута - 1 минута. (рис. 139)

```
PC1-svivanov> ping 2001:db8:1:6::a/64
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=1 ttl=58 time=3.235 ms
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=2 ttl=58 time=3.739 ms
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=3 ttl=58 time=3.494 ms
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=4 ttl=58 time=3.115 ms
2001:db8:1:6::a icmp6_seq=5 ttl=58 time=5.924 ms

PC1-svivanov> trace 2001:db8:1:6::a/64
trace to 2001:db8:1:6::a, 64 hops max
 1 2001:db8:1:1::1    1.128 ms  1.116 ms  0.873 ms
 2 2001:db8:1:3::2    3.434 ms  1.493 ms  1.076 ms
 3 2001:db8:1:5::1    1.825 ms  1.632 ms  1.559 ms
 4 2001:db8:1:6::a    4.097 ms  3.063 ms  2.918 ms

PC1-svivanov> █
```

Рис. 2.139: Отправка пинга

## **3 Выводы**

В ходе выполнения лабораторной работы мы изучили принципы маршрутизации в IPv4- и IPv6-сетях и принципов настройки сетевого оборудования.