

# Лабораторная работа №8

Настройка протоколов маршрутизации (RIP, OSPF) и туннелирования IPv6

---

Лисовская А.В.

20 декабря 2025

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

## Докладчик

---

- Лисовская Арина Валерьевна
- Студентка группы НПИбд-01-23
- Российский университет дружбы народов
- 1132231434@rudn.ru

# Введение

---

## Цель работы

- Изучение принципов работы и приобретение практических навыков по настройке протоколов динамической маршрутизации (RIP и OSPF).
- Настройка стеков IPv4 и IPv6 (Dual Stack).
- Реализация механизмов туннелирования IPv6 поверх IPv4 (6in4).
- Диагностика сетевых проблем и анализ трафика.

## **Базовая настройка сети (1–4)**

---

# Схема сети и топология

Основа лабораторного стенда — топология, включающая маршрутизаторы и клиентские узлы.

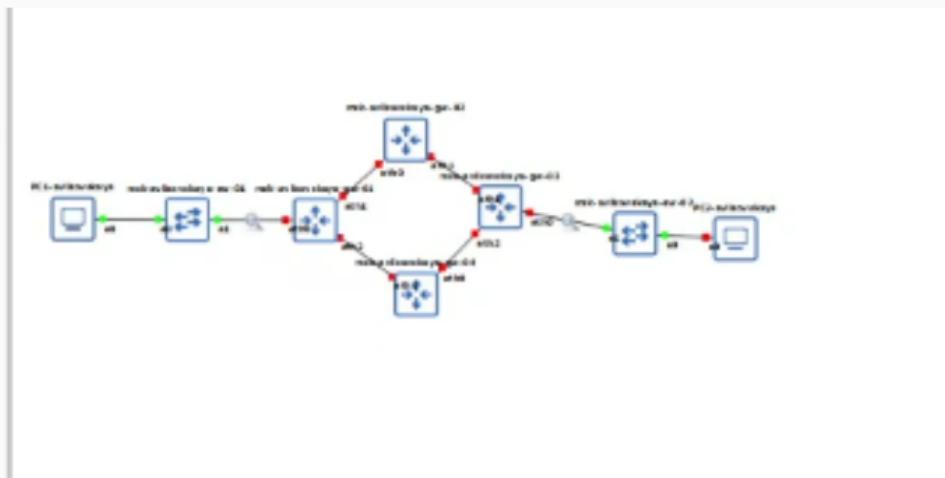


Рис. 1: Схема сети (топология)

# Настройка интерфейсов и ПК

Базовая настройка IP-адресов на маршрутизаторе и виртуальных ПК (VPCS/PCS) для проверки начальной связности.

The image shows two terminal windows side-by-side, illustrating the configuration process for VPCS and PCS.

**Left Terminal (VPCS):**

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

VPCS> save
saving startup configuration to startup.vpc
done

VPCS> show ip

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

nuk-svilisovskaya-qw-01(config-if)# ip address 10.0.10.1/24
nuk-svilisovskaya-qw-01(config-if)# no shutdown
nuk-svilisovskaya-qw-01(config-if)# exit
nuk-svilisovskaya-qw-01(config)# interface eth1

VPCS>
```

**Right Terminal (PCS):**

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

PCS> save
saving startup configuration to startup.vpc
done

PCS> show ip
```

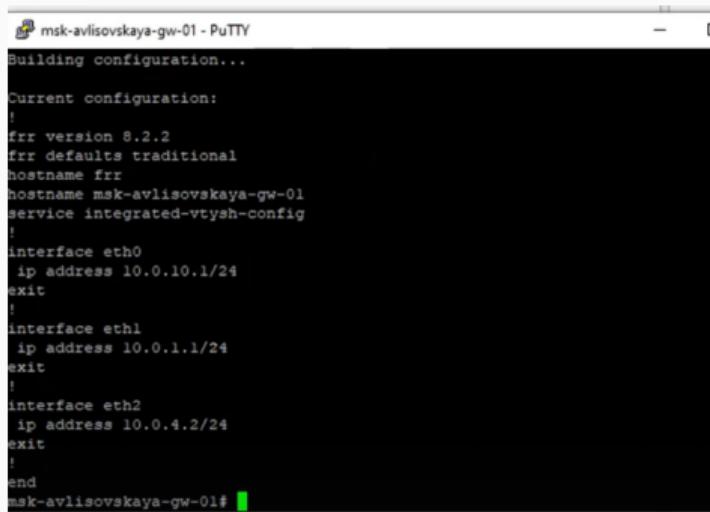
# **Настройка маршрутизаторов FRR (5-10)**

---

# Конфигурация интерфейсов FRR

Назначение адресов на интерфейсы eth0-eth2 и активация интерфейсов командами no shutdown.

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



The screenshot shows a PuTTY terminal window titled "msk-avlisovskaya-gw-01 - PuTTY". The window displays the configuration commands entered in the terminal. The configuration starts with "Building configuration...", followed by the current configuration details: FRR version 8.2.2, traditional defaults, and a hostname of "frr". It then defines three interfaces: eth0 (IP 10.0.10.1/24), eth1 (IP 10.0.1.1/24), and eth2 (IP 10.0.4.2/24). Each interface has its "no shutdown" status explicitly set. The configuration concludes with an "end" command and ends with the prompt "msk-avlisovskaya-gw-01#".

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

## Проверка и сохранение

Вывод текущей конфигурации (show running-config) и сохранение изменений в память (write memory).

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

Рис. 2: Сохранение конфигурации (10)

## Настройка IPv6 (11–18)

---

# IPv6 на клиентских узлах

Настройка глобальных адресов IPv6 на виртуальных ПК (2001:10::a и 2001:11::a).

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

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

VPCS> show ipv6

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

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

# IPv6 на маршрутизаторах

Включение IPv6-форвардинга и настройка адресации на интерфейсах маршрутизаторов.

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

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

## **Протокол RIP v2 (19–34)**

---

# Конфигурация RIPv2

Настройка процесса RIP, выбор версии и указание анонсируемых сетей на всех узлах.

```
end
msk-avlisovskaya-gw-01# configure terminal
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# router rip
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# version 2
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# network eth0
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# network eth1
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# network eth2
msk-avlisovskaya-gw-01(config-router)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01(config)# exit
msk-avlisovskaya-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
Building Configuration...
Integrated configuration saved to /etc/frr/frr.conf
[OK]
msk-avlisovskaya-gw-01#
```

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

# Таблицы маршрутизации и отказоустойчивость

## Анализ обмена маршрутами и проверка перестроения сети при отключении интерфейса.

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

C* 10.0.1.0/24 is directly connected, eth1, 00:27:25
R> 10.0.2.0/24 [120/2] via 10.0.1.3, eth1, weight 1, 00:04:56
R> 10.0.3.0/24 [120/2] via 10.0.4.1, eth2, weight 1, 00:03:21
C* 10.0.4.0/24 is directly connected, eth2, 00:27:25
-> 10.0.10.0/24 is directly connected, eth0, 00:27:25
o> 10.0.11.0/24 [120/3] via 10.0.1.2, eth1, weight 1, 00:04:08
```

```
ask-avilisovskaya-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(1) 10.0.1.0/24      0.0.0.0            1 self           0
R(n) 10.0.2.0/24      10.0.1.2            2 10.0.1.2       0 02:56
R(n) 10.0.3.0/24      10.0.4.1            2 10.0.4.1       0 02:50
C(1) 10.0.4.0/24      0.0.0.0            1 self           0
C(1) 10.0.10.0/24     0.0.0.0            1 self           0
R(n) 10.0.11.0/24     10.0.1.2            3 10.0.1.2       0 02:56
```

```
ask-avilisovskaya-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(1) 10.0.1.0/24      0.0.0.0            1 self           0
R(n) 10.0.2.0/24      10.0.1.2            2 10.0.1.2       0 02:37
R(n) 10.0.3.0/24      10.0.4.1            2 10.0.4.1       0 02:58
C(1) 10.0.4.0/24      0.0.0.0            1 self           0
C(1) 10.0.10.0/24     0.0.0.0            1 self           0
R(n) 10.0.11.0/24     10.0.1.2            3 10.0.1.2       0 02:37
```

# Диагностика RIP

Проверка статуса интерфейсов, маршрутов и финальное тестирование связности.

```
PC2-avlisovskaya - PuTTY

VPCS> show ipv6

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

VPCS> # PCI
VPCS> ping 10.0.11.10

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

VPCS>
```

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

## RIPng и анализ трафика (35–40)

---

# Работа RIPng (IPv6)

Проверка связности через ping и trace, просмотр специфичных для IPv6 таблиц RIP.

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

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

```
VPCS> trace 2001:11::a
```

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

```
VPCS>
```

```
msk-avlisovskaya-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::e26:31ff:fe89:1  eth2     3   0 02:36
R(n) 2001:3::/64          fe80::e26:31ff:fe89:1  eth2     2   0 02:36
C(l) 2001:4::/64          ::                  self     1   0
C(i) 2001:10::/64         ::                  self     1   0
R(n) 2001:11::/64         fe80::e26:31ff:fe89:1  eth2     3   0 02:36
msk-avlisovskaya-gw-01#
```

# Анализ в Wireshark

Изучение структуры пакетов RIPv2, RIPng и ICMP-трафика.

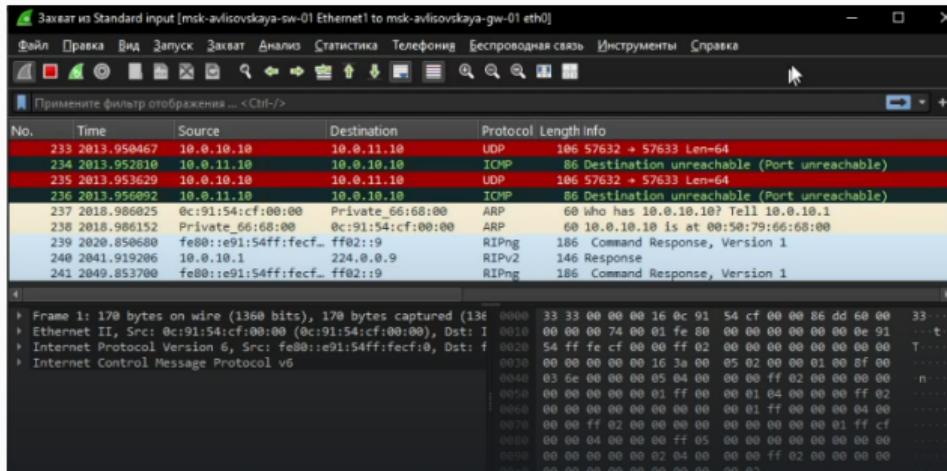


Рис. 3: Снимки Wireshark (39-40)

## Протокол OSPF для IPv4 (41–51)

---

# Настройка областей OSPF

Конфигурация OSPF в зоне 0 (Area 0) и установление соседства между маршрутизаторами.

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

```
msk-avlisovskaya-gw-01# show ip ospf neighbor
Neighbor ID      Pri State          Up Time       Dead Time Address      In
Interface
10.0.2.1          1 Full/Backup    2m02s        38.876s 10.0.1.2      et
h1:10.0.1.1        0              0            0
10.0.4.1          1 Full/Backup    31.766s      36.236s 10.0.4.1      et
h2:10.0.4.2        0              0            0
msk-avlisovskaya-gw-01#
```

# Конвергенция и параметры

Анализ Hello-сообщений OSPF, проверка таблицы маршрутизации и таймеров.

```
PC1-avlisovskaya - PuTTY
VPCS> ping 10.0.11.10

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

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

VPCS> ping 10.0.11.10

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

VPCS>
```

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

## **Протокол OSPFv3 для IPv6 (52–60)**

---

# Настройка OSPFv3

Использование router ospf6 и привязка интерфейсов к областям.

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

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

# Диагностика OSPFv3

Тестирование восстановления связности после имитации сбоя линка и анализ трафика.

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

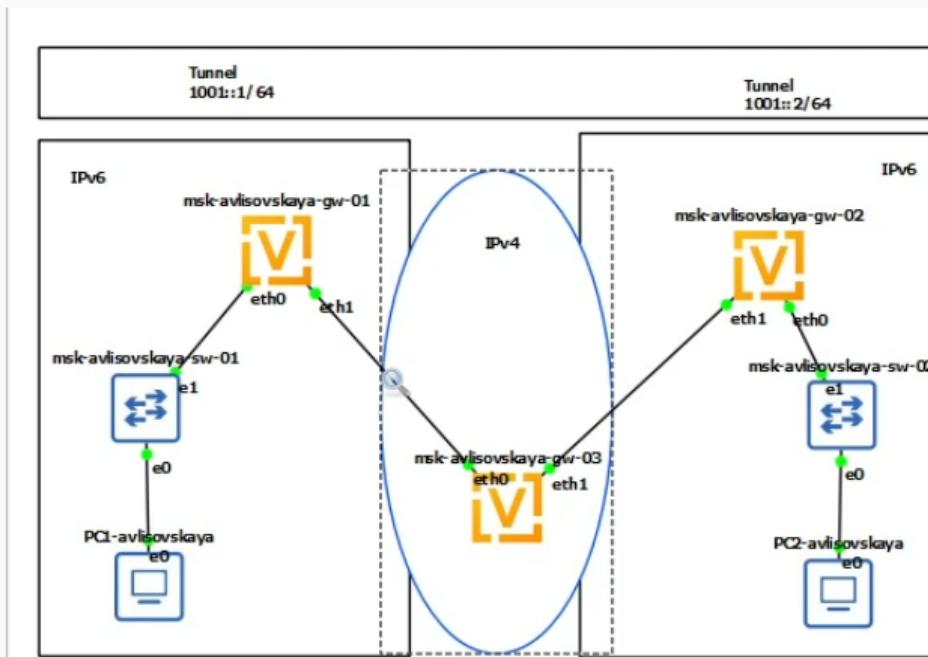
```
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# configure terminal  
% Unknown command: configure terminal  
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# interface eth0  
msk-avlisovskaya-gw-02(config-if)# no shutdown
```

## **Туннелирование 6in4 (61-79)**

---

# Схема и подготовка

Реализация туннеля tun0 для передачи IPv6 трафика через IPv4 инфраструктуру.



# Конфигурация VyOS и SIT

Использование инкапсуляции SIT, настройка адресации и RIP на VyOS.

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

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

# Инкапсуляция и трафик

Анализ заголовков пакетов 6in4 в Wireshark и настройка удаленного конца туннеля.

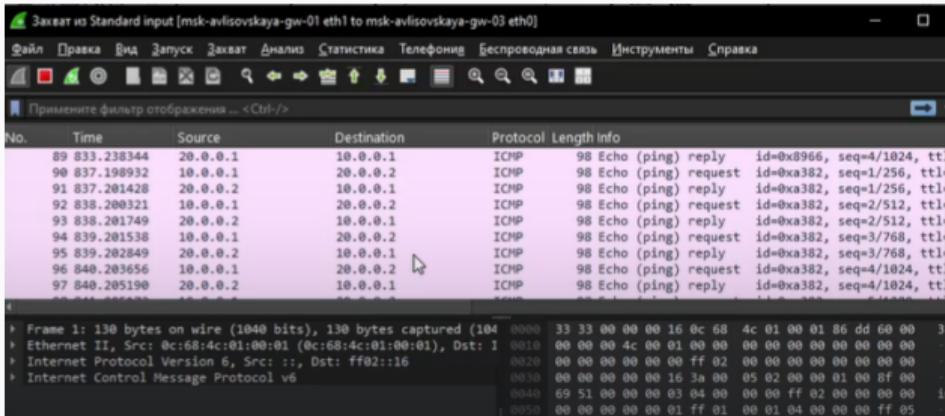


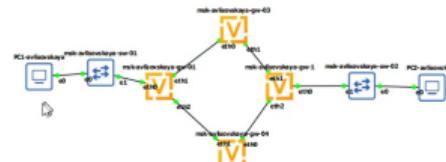
Рис. 5: Wireshark 6in4 (71-73)

# Тестирование и отладка

## Исправление проблем маршрутизации и подтверждение работоспособности туннеля.

```
mak-avlisovskaya-gw-01 - PuTTY
4 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=1 ttl=63 time=2.09 ms
4 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=2 ttl=63 time=1.75 ms
4 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=3 ttl=63 time=1.73 ms
4 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=4 ttl=63 time=1.69 ms
4 bytes from 20.0.0.2: icmp_seq=5 ttl=63 time=1.70 ms
[...]
[4]+ Stopped ping 20.0.0.2
[edit]
ryse@mak-avlisovskaya-gw-01# configure
Invalid command: [configure]

[edit]
ryse@mak-avlisovskaya-gw-01# set interfaces tunnel tun0 encapsulation ip
[edit]
ryse@mak-avlisovskaya-gw-01# set interfaces tunnel tun0 source-address 10.0.0.1
[edit]
ryse@mak-avlisovskaya-gw-01# set interfaces tunnel tun0 remote 20.0.0.2
[edit]
ryse@mak-avlisovskaya-gw-01# set interfaces tunnel tun0 address 1001::1/64
[edit]
ryse@mak-avlisovskaya-gw-01# commit
commit[edit]
ryse@mak-avlisovskaya-gw-01#
VPCS> ping 1002::1
*1000::1 icmp6_seq=1 ttl=64 time=1.383 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*1000::1 icmp6_seq=2 ttl=64 time=0.668 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*1000::1 icmp6_seq=3 ttl=64 time=0.668 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*1000::1 icmp6_seq=4 ttl=64 time=0.647 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
*1000::1 icmp6_seq=5 ttl=64 time=0.644 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
VPCS> trace 1002::1
Trace to 1002::1, 64 hops max
1 *1000::1 0.664 ms (ICMP type:1, code:0, No route to destination)
VPCS>
```



## **Комплексная настройка (80–90)**

---

# Интеграция протоколов на VyOS

Детальная конфигурация маршрутизаторов для совместной работы OSPF и IPv6.

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

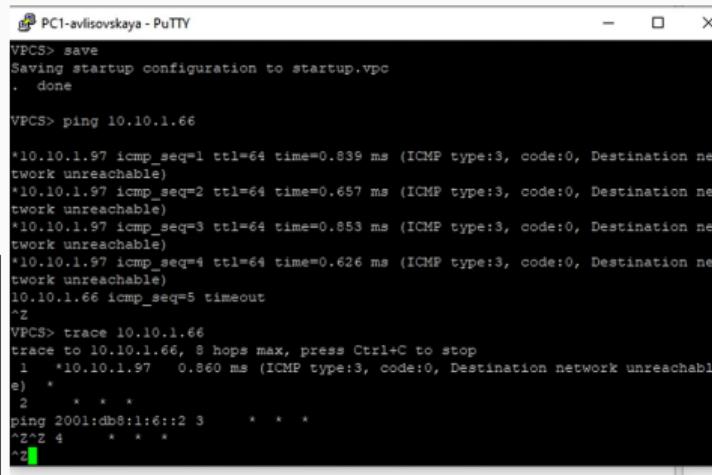
```
msk-avlisovskaya-gw-03 - PuTTY
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set interfaces ethernet eth1 address 10.10.1.34/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:1:5::2/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set interfaces ethernet eth0 address 10.10.1.10/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:1:3::2/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set protocols ospf area 0 network 10.10.1.32/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set protocols ospf area 0 network 10.10.1.8/30
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set protocols ospfv3 parameters router-id 4.4.4.4
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set protocols ospfv3 area 0 interface eth1
Configuration path: protocols ospfv3 area 0 [interface] is not valid
Set failed
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03#
```

# Диагностика ошибок

Анализ проблем с OSPFv3 и исправление ошибок отсутствия маршрутов.

```
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-03# set protocols ospfv3 area 0 interface eth0
Configuration path: protocols ospfv3 area 0 [interface] is not valid
Set failed

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



The screenshot shows a PuTTY session titled "PC1-avlisovskaya - PuTTY". The command "VPCS> save" is run, followed by "VPCS> ping 10.10.1.66". The output shows four ICMP echo requests being sent to 10.10.1.66, all of which are marked as "Destination network unreachable". After the ping, a "trace" command is issued to 10.10.1.66, resulting in a trace route from the local host to 10.10.1.66, with the final hop being marked as "Destination network unreachable".

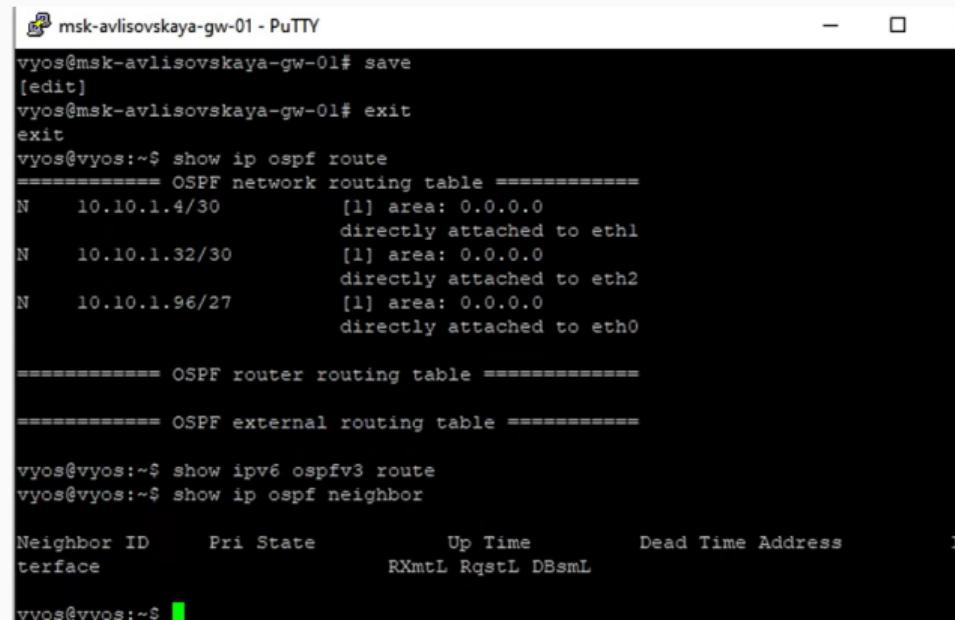
```
VPCS> save
Saving startup configuration to startup.vpc
.
done

VPCS> ping 10.10.1.66

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

# Итоговая диагностика

Отключение интерфейсов для проверки устойчивости и финальный анализ таблиц.



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

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

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

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

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

vyos@vyos:~$
```

Рис. 6: Диагностика таблиц (88-90)

## **Заключение**

---

# Результаты работы

- Изучены принципы работы дистанционно-векторных (RIP) и состояний каналов (OSPF) протоколов.
- Успешно настроена сеть Dual Stack (IPv4 + IPv6).
- Реализовано туннелирование 6in4, обеспечивающее связность IPv6-сегментов.
- Освоены методы диагностики в сетевых ОС VyOS и FRR.