

Российский Университет Дружбы Народов

Факультет физико-математических и естественных наук

Кафедра прикладной информатики и теории вероятностей

Отчёт

о выполнении лабораторной работы № 6

Адресация IPv4 и IPv6. Двойной стек

дисциплина: Сетевые технологии

Студент: Танрибергенов Эльдар.

Группа: НПИбд-02-20

Студ. билет № 1032208074

Москва, 2022 г.

Цели работы:

- Изучение принципов распределения и настройки адресного пространства на устройствах сети.

Ход работы:

1. Разбиение сети на подсети

1.1. Разбиение IPv4-сети на подсети

1.1.1.

Характеристика	Значение
Адрес сети	172.16.20.0/24
Длина префикса	24
Маска	255.255.255.0
Broadcast-адрес	172.16.20.255
Адрес сети в двоичной форме	10101100 00010000 00010100 00000000
Маска в двоичной форме	11111111 11111111 11111111 00000000
Broadcast-адрес в двоичной форме	10101100 00010000 00010100 11111111
Число подсетей	$2^{24} = 16777216$
Диапазон адресов узлов	172.16.20.1 – 172.16.20.254

Адрес подсети	Broadcast-адрес	Маска
10101100 00010000 00010100 10000000 172.16.20.128/25	10101100 00010000 00010100 11111111 172.16.20.255/25	11111111 11111111 11111111 10000000 255.255.255.128/25
10101100 00010000 00010100 01000000 172.16.20.64 /26	10101100 00010000 00010100 01111111 172.16.20.127 /26	11111111 11111111 11111111 11000000 255.255.255.192/26
10101100 00010000 00010100 11000000 172.16.20.192/26	10101100 00010000 00010100 11111111 172.16.20.255 /26	11111111 11111111 11111111 11000000 255.255.255.192/26

1.1.2.

Характеристика	Значение
Адрес сети	10.10.1.64/26
Длина префикса	26
Маска	255.255.255.192
Broadcast-адрес	10.10.1.255
Адрес сети в двоичной форме	00001010 00001010 00000001 01000000
Маска в двоичной форме	11111111 11111111 11111111 11000000
Broadcast-адрес в двоичной форме	00001010 00001010 00000001 01111111
Число подсетей	$2^{26} = 67\,108\,864$
Диапазон адресов узлов	10.10.1.65 – 10.10.1.126

Адрес подсети	Broadcast-адрес	Маска
00001010 00001010 00000001 01100000 10.10.1.96/27	00001010 00001010 00000001 01111111 10.10.1.127 /27	11111111 11111111 11111111 11100000 255.255.255.224 /27

Характеристика	Значение
Длина префикса	27
Число подсетей	$2^{27} = 134\,217\,728$
Диапазон адресов узлов	10.10.1.97 – 10.10.1.126

1.1.3.

Характеристика	Значение
Адрес сети	10.10.1.0/26
Длина префикса	26
Маска	255.255.255.192
Broadcast-адрес	10.10.1.63
Адрес сети в двоичной форме	00001010 00001010 00000001 00000000
Маска в двоичной форме	11111111 11111111 11111111 11000000
Broadcast-адрес в двоичной форме	00001010 00001010 00000001 00111111
Число подсетей	$2^{26} = 67\,108\,864$
Диапазон адресов узлов	10.10.1.1 – 10.10.1.254

Адрес подсети	Broadcast-адрес	Маска
00001010 00001010 00000001 00010000 10.10.1.16/28	00001010 00001010 00000001 00011111 10.10.1.31/28	11111111 11111111 11111111 11110000 255.255.255.240/28

Характеристика	Значение
Длина префикса	28
Число подсетей	$2^{28} = 268\,435\,456$
Диапазон адресов узлов	10.10.1.17 – 10.10.1.31

1.2.Разбиение IPv6-сети на подсети

1.2.1.

Характеристика	Значение
Адрес сети	2001:db8:c0de::/48
Длина префикса	48
Маска	ffff:ffff:ffff::
Тип	Индивидуальный (Unicast), глобальный
Префикс	2001:db8:c0de::
Двоичное представление префикса	00100000000000001 0000110110111000 1100000011011110 0000000000000000 0000000000000000 0000000000000000 0000000000000000 0000000000000000
Диапазон адресов для узлов сети	2001:db8:c0de::0001 – 2001:db8:c0de:ffff:ffff:ffff

Разбиение на две подсети первым способом:

2001:db8:c0de:0001::/64

2001:db8:c0de:a000::/64

Вторым способом:

2001:db8:c0de:0000:0001::/64

2001:db8:c0de:0000:a000::/64

1.2.2.

Характеристика	Значение
Адрес сети	2a02:6b8::/64
Длина префикса	64
Маска	ffff:ffff:ffff:ffff::
Тип	Индивидуальный (Unicast), глобальный
Префикс	2a02:6b8::
Двоичное представление префикса	00101010000000010 0000011010111000 0000000000000000 0000000000000000 0000000000000000 0000000000000000 0000000000000000 0000000000000000
Диапазон адресов для узлов сети	2a02:6b8::0001 – 2a02:6b8::ffff

Разбиение на 2 подсети первым способом:

2a02:6b8:0001::/80

2a02:6b8:a000::/80

Разбиение на 2 подсети вторым способом:

2a02:6b8:0000:0001::/80

2a02:6b8:0000:a000::/80

2. Настройка двойного стека адресации IPv4 и IPv6 в локальной сети

1. Запустил GNS3 VM и GNS3. Создал новый проект.
2. В рабочем пространстве разместил и соединил устройства в соответствии с топологией, представленной в файле ЛР. Для подсети IPv4 использовал маршрутизатор FRR, а для подсети с IPv6 — маршрутизатор VyOS (рис. 2.1).
3. Изменил отображаемые названия устройств (рис. 2.1).
4. Включил захват трафика на соединении между сервером двойного стека адресации и ближайшим к нему коммутатором (рис. 2.1).

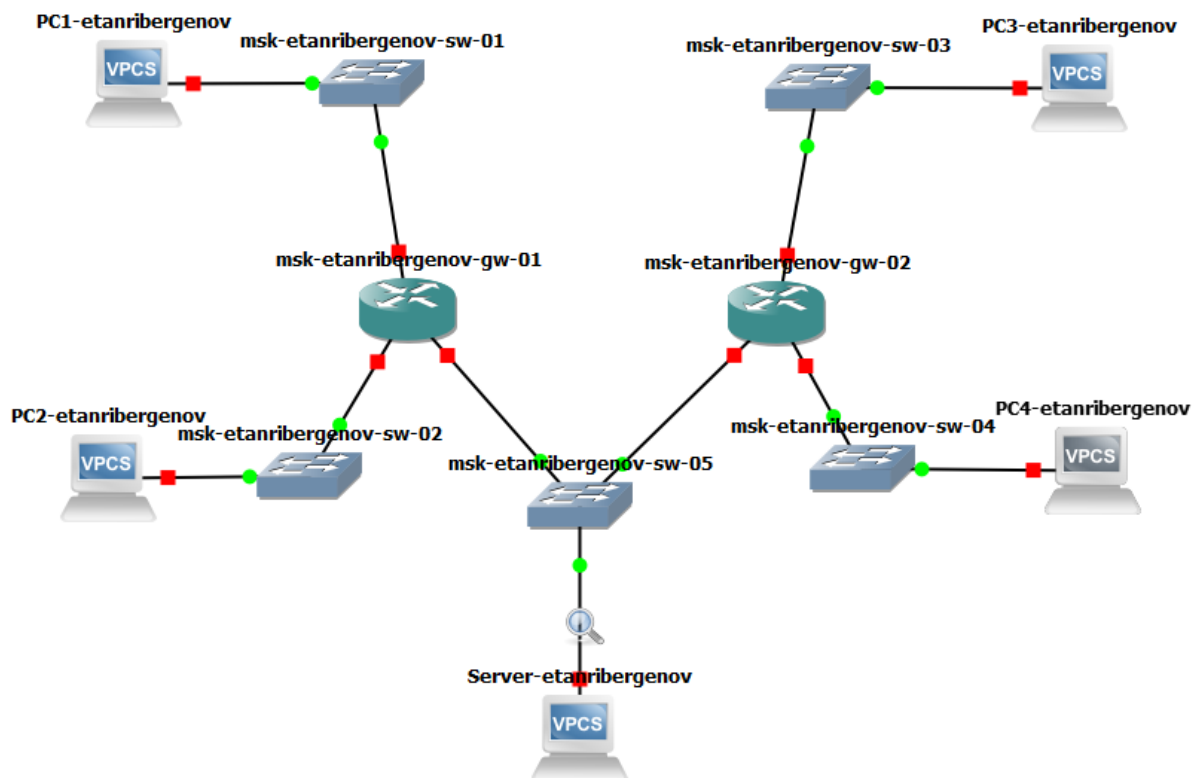


Рис.2.1. Топология сети с двумя локальными подсетями

5. Настроил IPv4-адресацию для интерфейсов узлов PC1, PC2, Server (рис. 2.2 – 2.4).
Посмотрел на PC1 и PC2 конфигурацию IPv4 и IPv6 (рис. 2.5 – 2.6).

```
VPCS> ip 172.16.20.10/25 172.16.20.1
Checking for duplicate address...
VPCS : 172.16.20.10 255.255.255.128 gateway 172.16.20.1

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

VPCS> █
```

Рис.2.2. Настройка IPv4-адресации узла PC1

```
VPCS> ip 172.16.20.138/25 172.16.20.129
Checking for duplicate address...
VPCS : 172.16.20.138 255.255.255.128 gateway 172.16.20.129

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

VPCS> █
```

Рис.2.3. Настройка IPv4-адресации узла PC2

```
VPCS> ip 64.100.1.10/24 64.100.1.1
Checking for duplicate address...
VPCS : 64.100.1.10 255.255.255.0 gateway 64.100.1.1

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

VPCS> █
```

Рис.2.4. Настройка IPv4-адресации узла Server


```
PC1-etanribergenov - PuTTY
VPCS> show ip
NAME          : VPCS[1]
IP/MASK       : 172.16.20.10/25
GATEWAY       : 172.16.20.1
DNS           :
MAC           : 00:50:79:66:68:02
LPORT        : 20048
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:20049
MTU           : 1500

VPCS> show ipv6
NAME          : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6802/64
GLOBAL SCOPE    :
DNS            :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:02
LPORT        : 20048
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:20049
MTU           : 1500

VPCS> █
```

Рис.2.5. Конфигурация IPv4 и IPv6 на узле PC1

```
PC2-etanribergenov - PuTTY
VPCS> show ip
NAME          : VPCS[1]
IP/MASK       : 172.16.20.138/25
GATEWAY       : 172.16.20.129
DNS           :
MAC           : 00:50:79:66:68:01
LPORT        : 20046
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:20047
MTU           : 1500

VPCS> show ipv6
NAME          : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE    :
DNS            :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:01
LPORT        : 20046
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:20047
MTU           : 1500

VPCS> █
```

Рис.2.6. Конфигурация IPv4 и IPv6 на узле PC2

6. Изменил имя хоста (рис. 2.7). Настроил IPv4-адресацию для интерфейсов локальной сети маршрутизатора FRR (рис. 2.8 – 2.10)

```
frr# configure terminal
frr(config)# hostname msk-etanribergenov-gw-01
msk-etanribergenov-gw-01(config)# exit
msk-etanribergenov-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
% Not all daemons are up, cannot write config.
msk-etanribergenov-gw-01#
msk-etanribergenov-gw-01#
```

Рис.2.7. Смена имени маршрутизатора

```
msk-etanribergenov-gw-01(config)# interface eth1
msk-etanribergenov-gw-01(config-if)# ip address 172.16.20.129/25
msk-etanribergenov-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-etanribergenov-gw-01(config-if)# exit
msk-etanribergenov-gw-01(config)#
msk-etanribergenov-gw-01(config)#
```

Рис.2.8. Настройка IPv4-адресации маршрутизатора

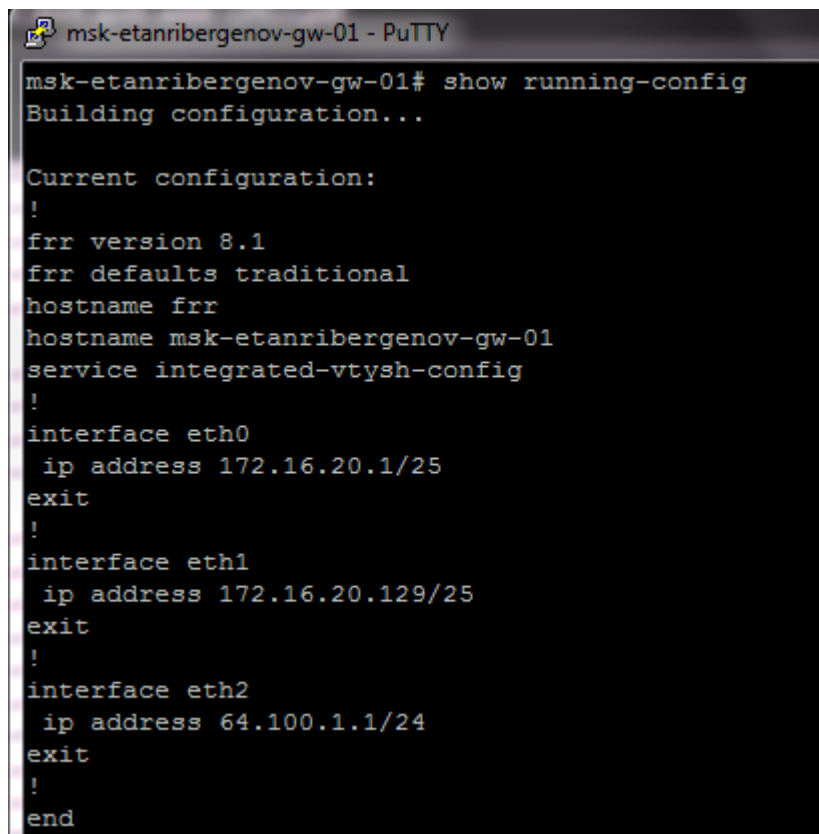
```
msk-etanribergenov-gw-01# configure terminal
msk-etanribergenov-gw-01(config)# interface eth0
msk-etanribergenov-gw-01(config-if)# ip address 172.16.20.1/25
msk-etanribergenov-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-etanribergenov-gw-01(config-if)# exit
msk-etanribergenov-gw-01(config)#
msk-etanribergenov-gw-01(config)#
```

Рис.2.9. Настройка IPv4-адресации маршрутизатора

```
msk-etanribergenov-gw-01(config)# interface eth2
msk-etanribergenov-gw-01(config-if)# ip address 64.100.1.1/24
msk-etanribergenov-gw-01(config-if)# no shutdown
msk-etanribergenov-gw-01(config-if)# exit
msk-etanribergenov-gw-01(config)# exit
msk-etanribergenov-gw-01# write memory
Note: this version of vtysh never writes vtysh.conf
% Not all daemons are up, cannot write config.
msk-etanribergenov-gw-01#
```

Рис.2.10. Настройка IPv4-адресации маршрутизатора

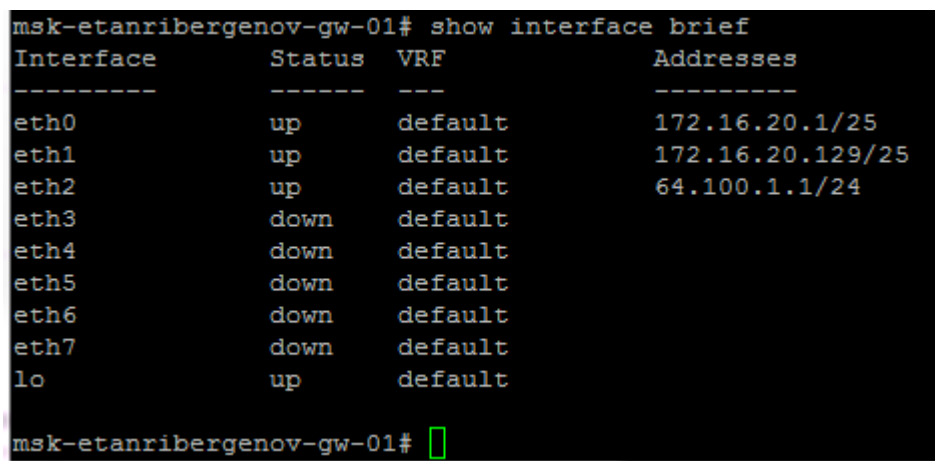
7. Проверил конфигурацию (рис. 2.11) маршрутизатора и настройки IPv4-адресации (рис. 2.12)



```
msk-etanribergenov-gw-01 - PuTTY
msk-etanribergenov-gw-01# show running-config
Building configuration...

Current configuration:
!
frr version 8.1
frr defaults traditional
hostname frr
hostname msk-etanribergenov-gw-01
service integrated-vtysh-config
!
interface eth0
 ip address 172.16.20.1/25
exit
!
interface eth1
 ip address 172.16.20.129/25
exit
!
interface eth2
 ip address 64.100.1.1/24
exit
!
end
```

Рис.2.11. Проверка конфигурации маршрутизатора



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

Рис.2.12. Проверка настройки IPv4-адресации маршрутизатора

8. Проверил подключение с помощью команд ping и trace. Узлы PC1 и PC2 успешно отправляют эхо-запросы друг другу и на сервер с двойным стеком (Dual Stack Server) (рис. 2.13 – 2.14).

```
PC1-etanribergenov - PuTTY
MTU:           : 1500

VPCS> ping 172.16.20.138

84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=63 time=19.822 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=63 time=6.689 ms
^C
VPCS> trace 172.16.20.138
trace to 172.16.20.138, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  172.16.20.1    3.098 ms  13.398 ms  1.748 ms
 2  *172.16.20.138 10.964 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS> ping 64.100.1.10/24

84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=6.292 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=3.135 ms
^C
VPCS> trace 64.100.1.10/24
trace to 64.100.1.10, 24 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  172.16.20.1    7.146 ms  3.718 ms  4.645 ms
 2  *64.100.1.10   4.517 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS> 
```

Рис.2.12. Пингование узлом PC1 узла PC2 и сервера с двойным стеком

```
PC2-etanribergenov - PuTTY
MTU:           : 1500

VPCS> ping 172.16.20.10/25

84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=15.363 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=3.397 ms
^C
VPCS> trace 172.16.20.10/25
trace to 172.16.20.10, 25 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  172.16.20.129   5.409 ms  8.046 ms  6.980 ms
 2  *172.16.20.10  24.435 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS> ping 64.100.1.10/24

84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=2.166 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=8.359 ms
^C
VPCS> trace 64.100.1.10/24
trace to 64.100.1.10, 24 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  172.16.20.129   1.145 ms  2.400 ms  1.031 ms
 2  *64.100.1.10   8.382 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS> 
```

Рис.2.12. Пингование узлом PC2 узла PC1 и сервера с двойным стеком

9. Настроил IPv6-адресацию для интерфейсов узлов PC3 (рис. 2.13), PC4 (рис. 2.14), Server (рис. 2.15).

```
VPCS> ip 2001:db8:c0de:12::a/64
PC1 : 2001:db8:c0de:12::a/64

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

VPCS> 
```

Рис.2.13. Настройка IPv6-адресации узла PC3

```
VPCS> ip 2001:db8:c0de:13::a/64
PC1 : 2001:db8:c0de:13::a/64

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

VPCS> 
```

Рис.2.14. Настройка IPv6-адресации узла PC2

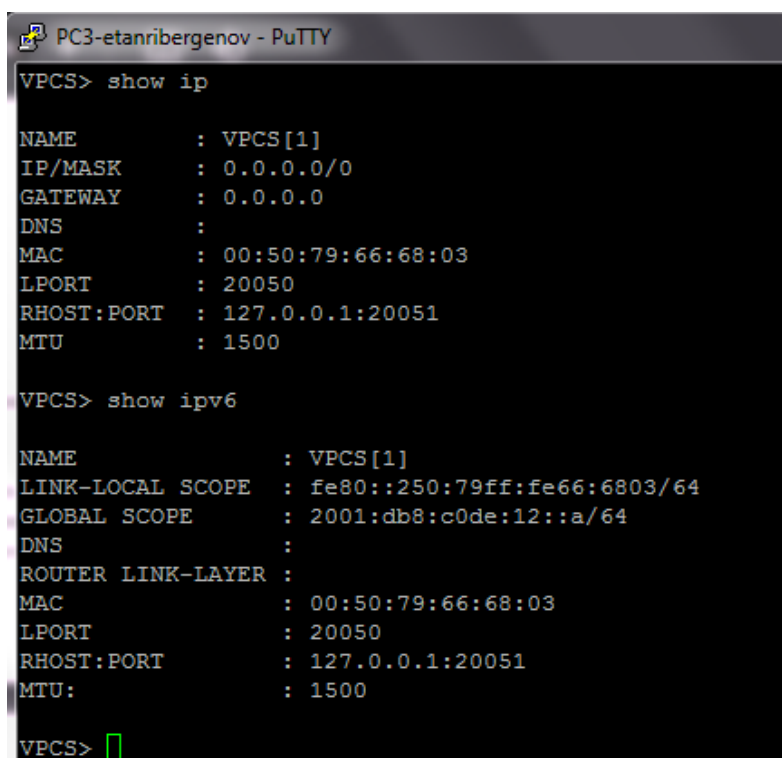
```
VPCS>
VPCS> ip 2001:db8:c0de:11::a/64
PC1 : 2001:db8:c0de:11::a/64

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

VPCS> 
```

Рис.2.15. Настройка IPv6-адресации узла Server

10. Посмотрел на PC3 и PC4 конфигурацию IPv4 и IPv6 (рис. 2.16 – 2.17)

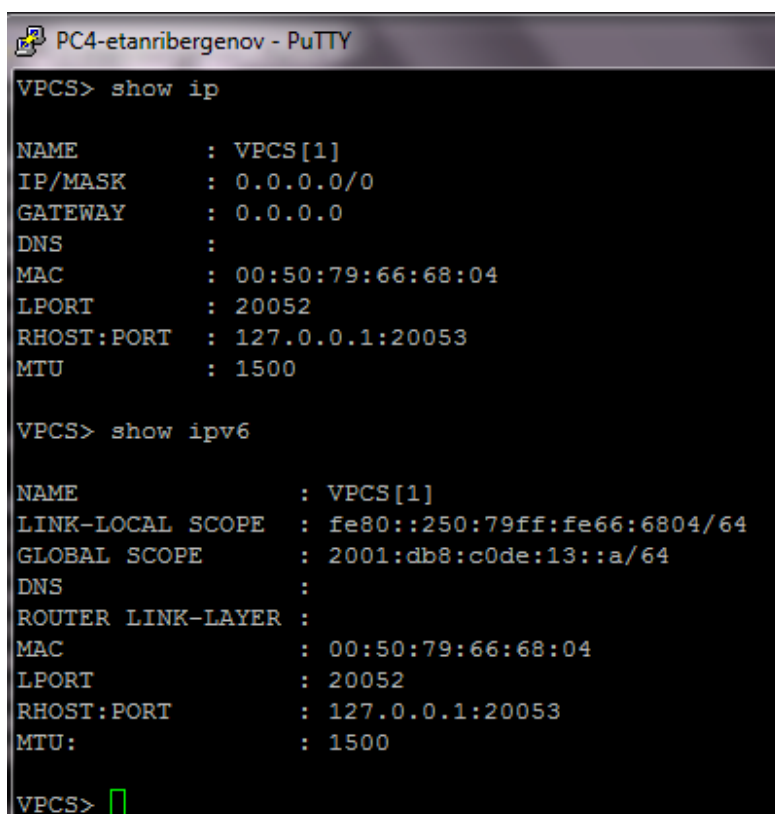


```
PC3-etanribergenov - PuTTY
VPCS> show ip
NAME      : VPCS[1]
IP/MASK    : 0.0.0.0/0
GATEWAY    : 0.0.0.0
DNS        :
MAC        : 00:50:79:66:68:03
LPORT     : 20050
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20051
MTU        : 1500

VPCS> show ipv6
NAME      : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6803/64
GLOBAL SCOPE    : 2001:db8:c0de:12::a/64
DNS            :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:03
LPORT        : 20050
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:20051
MTU          : 1500

VPCS> 
```

Рис.2.16. Конфигурация IPv4 и IPv6 узла PC3



```
PC4-etanribergenov - PuTTY
VPCS> show ip
NAME      : VPCS[1]
IP/MASK    : 0.0.0.0/0
GATEWAY    : 0.0.0.0
DNS        :
MAC        : 00:50:79:66:68:04
LPORT     : 20052
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20053
MTU        : 1500

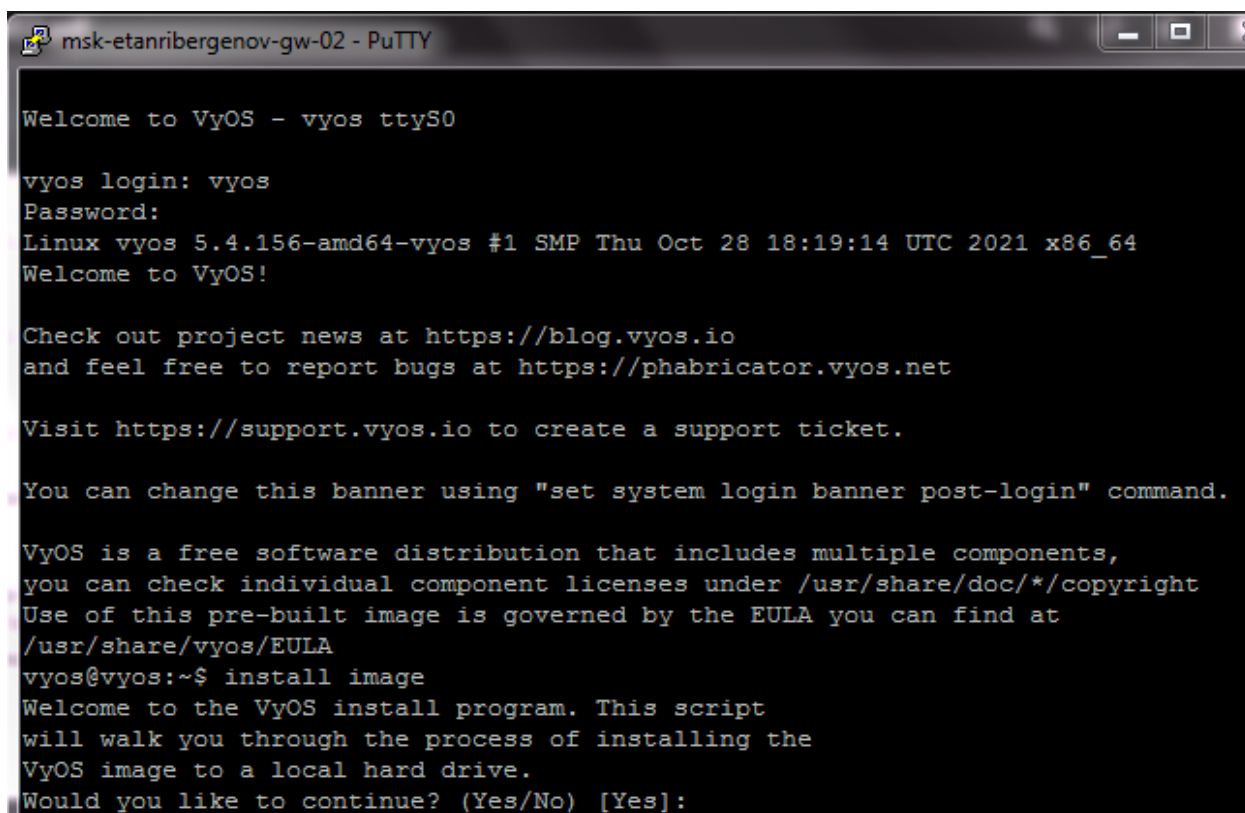
VPCS> show ipv6
NAME      : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6804/64
GLOBAL SCOPE    : 2001:db8:c0de:13::a/64
DNS            :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:04
LPORT        : 20052
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:20053
MTU          : 1500

VPCS> 
```

Рис.2.17. Конфигурация IPv4 и IPv6 узла PC4

11. Настроил IPv6-адресацию для интерфейсов локальной сети маршрутизатора VyOS msk-etanribergenov-gw-02:

- Установил систему на маршрутизатор VyOS (рис. 2.18)



```
msk-etanribergenov-gw-02 - PuTTY

Welcome to VyOS - vyos ttyS0

vyos login: vyos
Password:
Linux vyos 5.4.156-amd64-vyos #1 SMP Thu Oct 28 18:19:14 UTC 2021 x86_64
Welcome to VyOS!

Check out project news at https://blog.vyos.io
and feel free to report bugs at https://phabricator.vyos.net

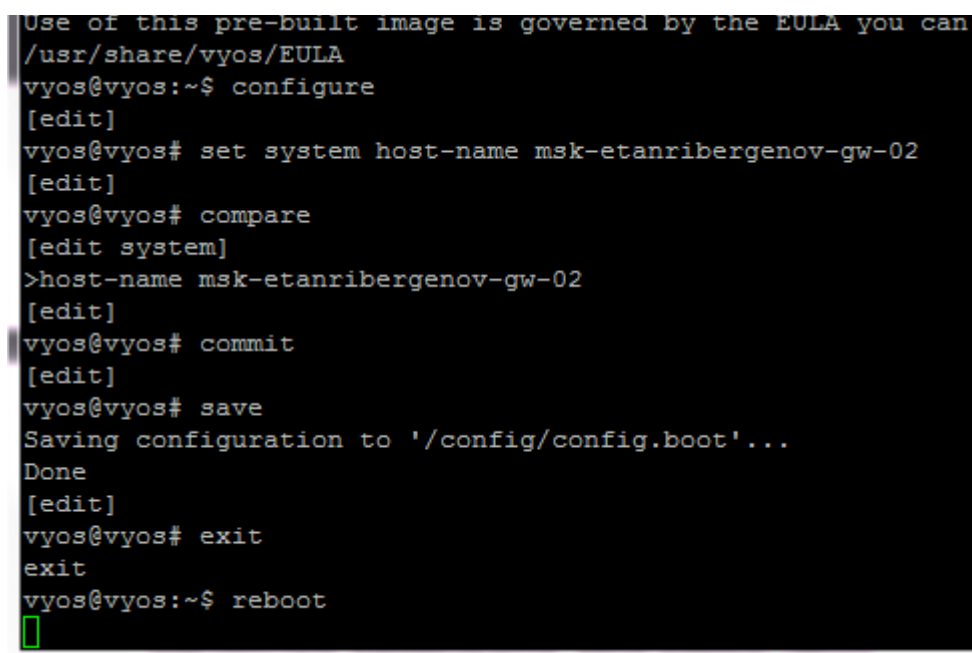
Visit https://support.vyos.io to create a support ticket.

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

VyOS is a free software distribution that includes multiple components,
you can check individual component licenses under /usr/share/doc/*/copyright
Use of this pre-built image is governed by the EULA you can find at
/usr/share/vyos/EULA
vyos@vyos:~$ install image
Welcome to the VyOS install program. This script
will walk you through the process of installing the
VyOS image to a local hard drive.
Would you like to continue? (Yes/No) [Yes]:
```

Рис.2.18. Установка системы на маршрутизатор VyOS

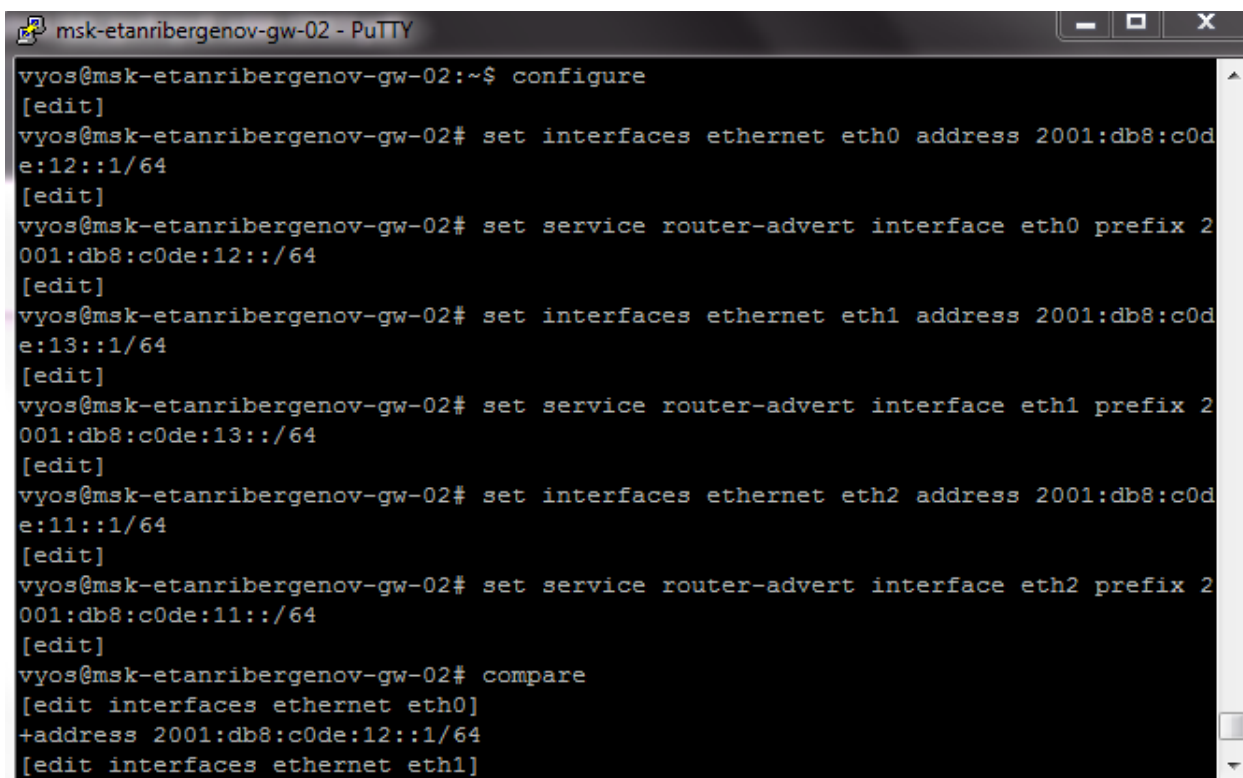
- Перешёл в режим конфигурирования, изменил имя устройства (рис. 2.19)



```
Use of this pre-built image is governed by the EULA you can
/usr/share/vyos/EULA
vyos@vyos:~$ configure
[edit]
vyos@vyos# set system host-name msk-etanribergenov-gw-02
[edit]
vyos@vyos# compare
[edit system]
>host-name msk-etanribergenov-gw-02
[edit]
vyos@vyos# commit
[edit]
vyos@vyos# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@vyos# exit
exit
vyos@vyos:~$ reboot
```

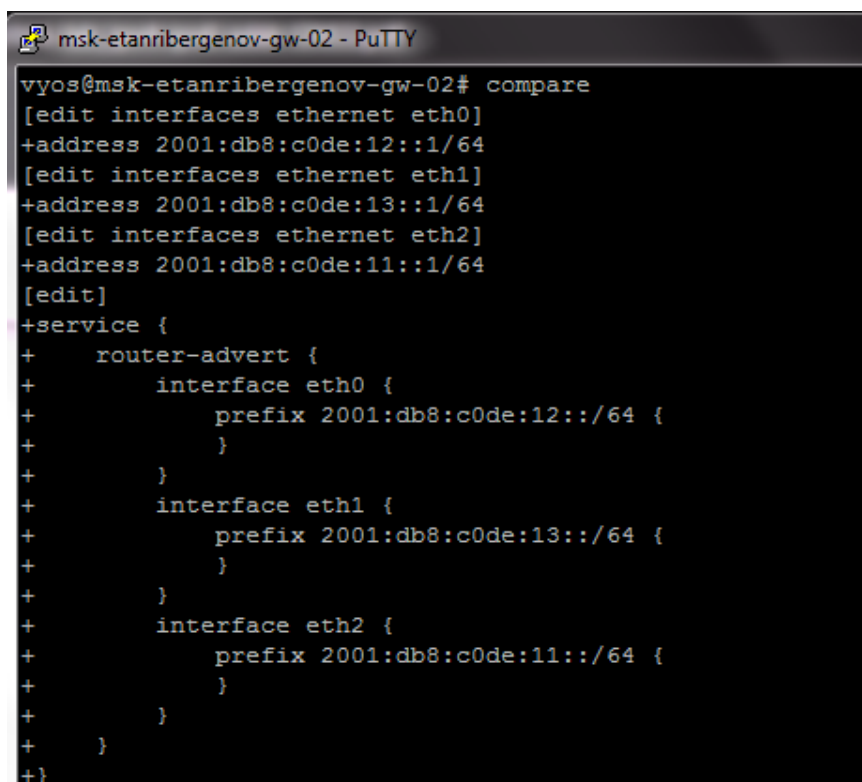
Рис.2.19. Режим конфигурирования: изменение имени устройства

- Назначил IPv6-адреса (рис. 2.20 – 2.22)



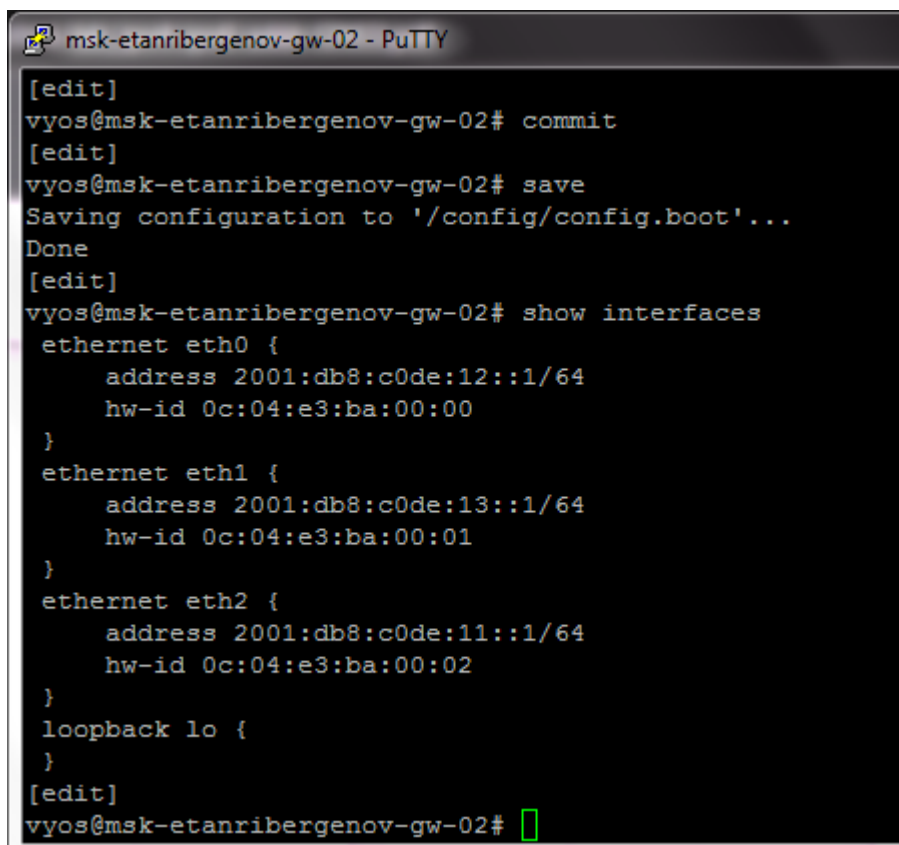
```
vyos@msk-etanribergenov-gw-02:~$ configure
[edit]
vyos@msk-etanribergenov-gw-02# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:c0de:12::1/64
[edit]
vyos@msk-etanribergenov-gw-02# set service router-advert interface eth0 prefix 2001:db8:c0de:12::/64
[edit]
vyos@msk-etanribergenov-gw-02# set interfaces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

Рис.2.20. Настройка IPv6-адресации маршрутизатора VyOS



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

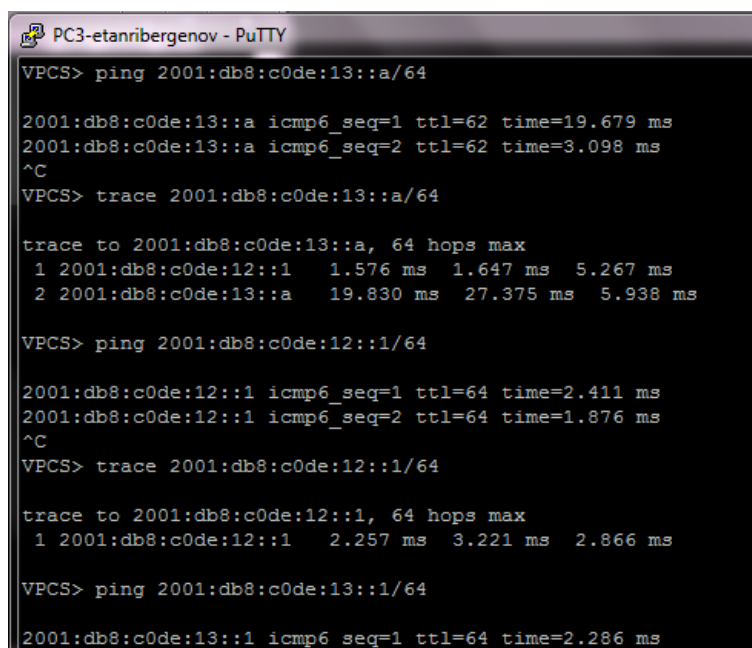
Рис.2.21. Просмотр изменений в конфигурации



```
[edit]
vyos@msk-etanribergenov-gw-02# commit
[edit]
vyos@msk-etanribergenov-gw-02# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-etanribergenov-gw-02# show interfaces
  ethernet eth0 {
    address 2001:db8:c0de:12::1/64
    hw-id 0c:04:e3:ba:00:00
  }
  ethernet eth1 {
    address 2001:db8:c0de:13::1/64
    hw-id 0c:04:e3:ba:00:01
  }
  ethernet eth2 {
    address 2001:db8:c0de:11::1/64
    hw-id 0c:04:e3:ba:00:02
  }
  loopback lo {
  }
[edit]
vyos@msk-etanribergenov-gw-02#
```

Рис.2.22. Сохранение конфигурации и просмотр интерфейсов

12. Проверил подключение с помощью команд ping и trace. Узлы PC3 и PC4 успешно отправляют эхо-запросы друг другу и на сервер с двойным стеком (рис.2.23 – 2.26).



```
VPCS> ping 2001:db8:c0de:13::a/64
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=19.679 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=3.098 ms
^C
VPCS> trace 2001:db8:c0de:13::a/64
trace to 2001:db8:c0de:13::a, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:12::1  1.576 ms  1.647 ms  5.267 ms
 2 2001:db8:c0de:13::a 19.830 ms 27.375 ms  5.938 ms
VPCS> ping 2001:db8:c0de:12::1/64
2001:db8:c0de:12::1 icmp6_seq=1 ttl=64 time=2.411 ms
2001:db8:c0de:12::1 icmp6_seq=2 ttl=64 time=1.876 ms
^C
VPCS> trace 2001:db8:c0de:12::1/64
trace to 2001:db8:c0de:12::1, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:12::1  2.257 ms  3.221 ms  2.866 ms
VPCS> ping 2001:db8:c0de:13::1/64
2001:db8:c0de:13::1 icmp6_seq=1 ttl=64 time=2.286 ms
```

Рис.2.23. Проверка соединения на узле PC3

```
PC3-etanribergenov - PuTTY
trace to 2001:db8:c0de:12::1, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:12::1    2.257 ms   3.221 ms   2.866 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:13::1/64

2001:db8:c0de:13::1 icmp6_seq=1 ttl=64 time=2.286 ms
2001:db8:c0de:13::1 icmp6_seq=2 ttl=64 time=1.480 ms
^C
VPCS> trace 2001:db8:c0de:13::1/64

trace to 2001:db8:c0de:13::1, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:13::1    1.915 ms   1.879 ms   5.406 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:11::1/64

2001:db8:c0de:11::1 icmp6_seq=1 ttl=64 time=3.251 ms
2001:db8:c0de:11::1 icmp6_seq=2 ttl=64 time=2.253 ms
^C
VPCS> trace 2001:db8:c0de:11::1/64

trace to 2001:db8:c0de:11::1, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:11::1    7.671 ms   6.850 ms   3.067 ms

VPCS> █
```

Рис.2.24. Проверка соединения на узле PC3

```
PC4-etanribergenov - PuTTY
VPCS>
VPCS> ping 2001:db8:c0de:12::a/64

2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=10.381 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=2.417 ms
^C
VPCS> trace 2001:db8:c0de:12::a/64

trace to 2001:db8:c0de:12::a, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:13::1    1.340 ms   2.090 ms   3.120 ms
 2 2001:db8:c0de:12::a    15.125 ms   3.586 ms   2.723 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:12::1/64 -o 2
Invalid options

VPCS> ping 2001:db8:c0de:12::1/64

2001:db8:c0de:12::1 icmp6_seq=1 ttl=64 time=1.245 ms
2001:db8:c0de:12::1 icmp6_seq=2 ttl=64 time=3.669 ms
^C
VPCS> trace 2001:db8:c0de:12::1/64

trace to 2001:db8:c0de:12::1, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:12::1    7.240 ms   1.428 ms   5.707 ms
```

Рис.2.25. Проверка соединения на узле PC4

```
PC4-etanribergenov - PuTTY
VPCS> trace 2001:db8:c0de:12::1/64

trace to 2001:db8:c0de:12::1, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:12::1 7.240 ms 1.428 ms 5.707 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:13::1/64

2001:db8:c0de:13::1 icmp6_seq=1 ttl=64 time=1.517 ms
2001:db8:c0de:13::1 icmp6_seq=2 ttl=64 time=1.049 ms
^C
VPCS> trace 2001:db8:c0de:13::1/64

trace to 2001:db8:c0de:13::1, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:13::1 1.670 ms 3.069 ms 2.323 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:11::1/64

2001:db8:c0de:11::1 icmp6_seq=1 ttl=64 time=2.534 ms
2001:db8:c0de:11::1 icmp6_seq=2 ttl=64 time=2.462 ms
^C
VPCS> trace 2001:db8:c0de:11::1/64

trace to 2001:db8:c0de:11::1, 64 hops max
 1 2001:db8:c0de:11::1 17.350 ms 21.791 ms 11.819 ms
```

Рис.2.26. Проверка соединения на узле PC4

13. Убедился, что устройства из подсети IPv4 не доступны для устройств из подсети IPv6 и наоборот. Только сервер двойного стека может обращаться к устройствам обеих подсетей. Проверил только 2 узла, т.к. конфигурации узлов PC1 и PC2 не отличаются, то же самое и с узлами PC3 и PC4. (рис. 2.27 – 2.28).

```
VPCS>
VPCS> ping 2001:db8:c0de:12::a/64

host (2001:db8:c0de:12::a) not reachable

VPCS> █
```

Рис.2.27. Пингование узла PC3 узлом PC1

```
VPCS> ping 172.16.20.10/25

host (172.16.20.10) not reachable

VPCS> █
```

Рис.2.28. Пингование узла PC1 узлом PC3

14. Посмотрел захваченный на соединении сервера двойного стека адресации с коммутатором трафик ARP, ICMP, ICMPv6 (рис. 2.29).

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	Private_66:68:00	Broadcast	ARP	64	Gratuitous ARP for 64.100.1.10 (Request)
2	1.000366	Private_66:68:00	Broadcast	ARP	64	Gratuitous ARP for 64.100.1.10 (Request)
3	2.002562	2001:db8:c0de:11::a	ff02::2	ICMPv6	62	Router Solicitation
4	231.995930	Private_66:68:00	Broadcast	ARP	64	Gratuitous ARP for 64.100.1.10 (Request)
5	232.996778	Private_66:68:00	Broadcast	ARP	64	Gratuitous ARP for 64.100.1.10 (Request)
6	233.996837	Private_66:68:00	Broadcast	ARP	64	Gratuitous ARP for 64.100.1.10 (Request)
7	1056.351393	::	ff02::16	ICMPv6	130	Multicast Listener Report Message v2
8	1056.354009	::	ff02::1:ff42:2	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::e22:2eff:fe42...
9	1056.610364	::	ff02::16	ICMPv6	130	Multicast Listener Report Message v2
10	1057.457845	fe80::e22:2eff:fe42...	ff02::16	ICMPv6	150	Multicast Listener Report Message v2
11	1057.487813	fe80::e22:2eff:fe42...	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
12	1058.364354	fe80::e22:2eff:fe42...	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
13	1058.368211	fe80::e22:2eff:fe42...	ff02::16	ICMPv6	150	Multicast Listener Report Message v2
14	1356.828771	::	ff02::16	ICMPv6	130	Multicast Listener Report Message v2
15	1357.105179	::	ff02::16	ICMPv6	130	Multicast Listener Report Message v2
16	1357.410626	::	ff02::1:ff60:2	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::eff:2aff:fe60...
17	1358.458217	fe80::eff:2aff:fe60...	ff02::16	ICMPv6	150	Multicast Listener Report Message v2
18	1358.462848	fe80::eff:2aff:fe60...	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2
19	1359.137518	fe80::eff:2aff:fe60...	ff02::16	ICMPv6	90	Multicast Listener Report Message v2

Frame 1: 64 bytes on wire (512 bits), 64 bytes captured (512 bits) on interface -, id 0

Ethernet II, Src: Private_66:68:00 (00:50:79:66:68:00), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)

Address Resolution Protocol (request/gratuitous ARP)

Рис.2.29. Захваченный трафик (ARP и ICMPv6)

23	1539.328131	172.16.20.10	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x05b9, seq=1/256, ttl=64
24	1539.328349	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x05b9, seq=1/256, ttl=64
25	1540.332912	172.16.20.10	64.100.1.10	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x06b9, seq=2/512, ttl=64
26	1540.333054	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x06b9, seq=2/512, ttl=64
28	1550.407424	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	86	Destination unreachable (Port unreachable)
30	1550.416939	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	86	Destination unreachable (Port unreachable)
32	1550.435181	64.100.1.10	172.16.20.10	ICMP	86	Destination unreachable (Port unreachable)

Frame 23: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface -, id 0

Ethernet II, Src: 0c:22:2e:42:00:02 (0c:22:2e:42:00:02), Dst: Private_66:68:00 (00:50:79:66:68:00)

Internet Protocol Version 4, Src: 172.16.20.10, Dst: 64.100.1.10

Internet Control Message Protocol

Рис.2.30. Захваченный трафик (ICMP)

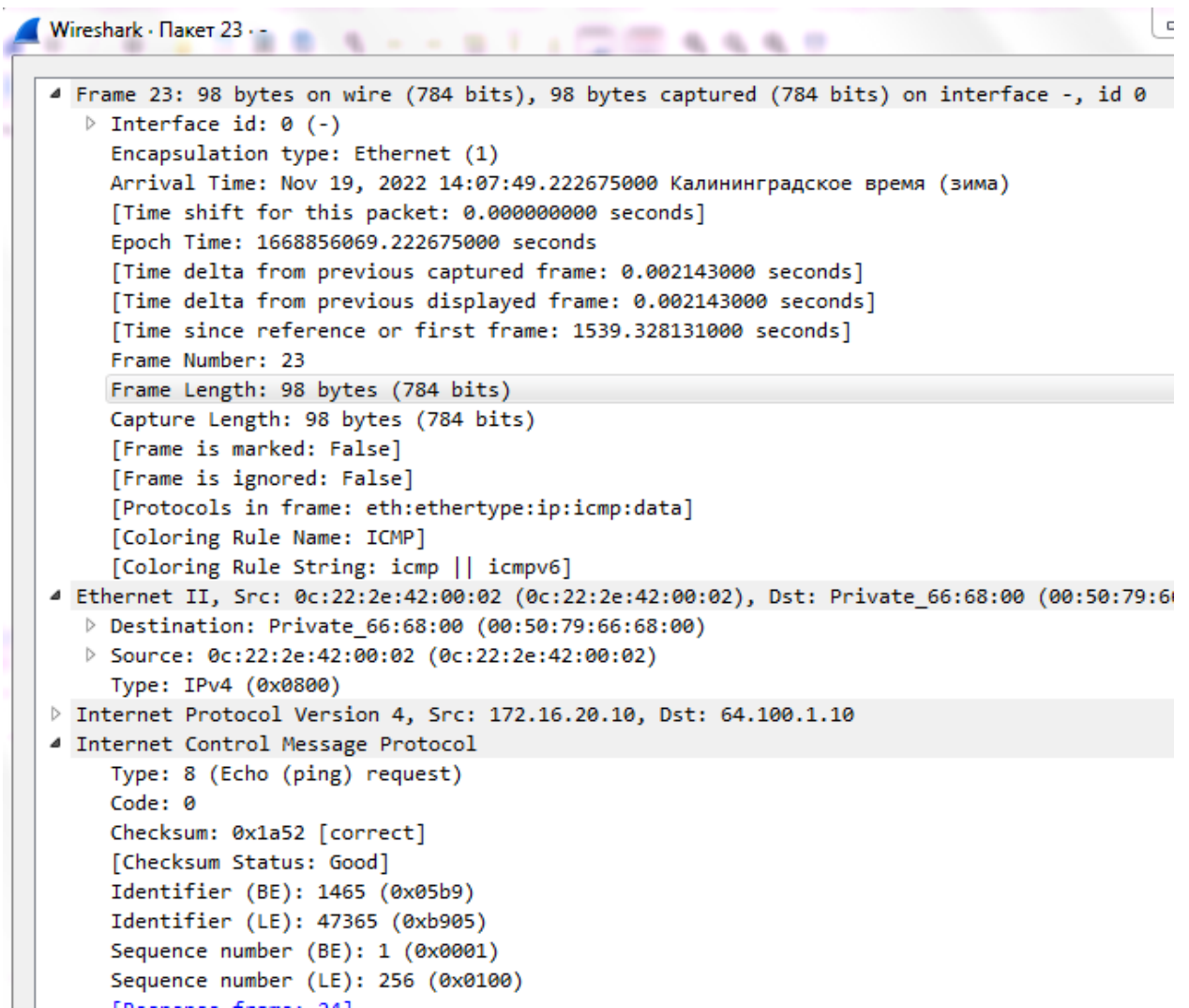


Рис.2.32. Пакет ICMP

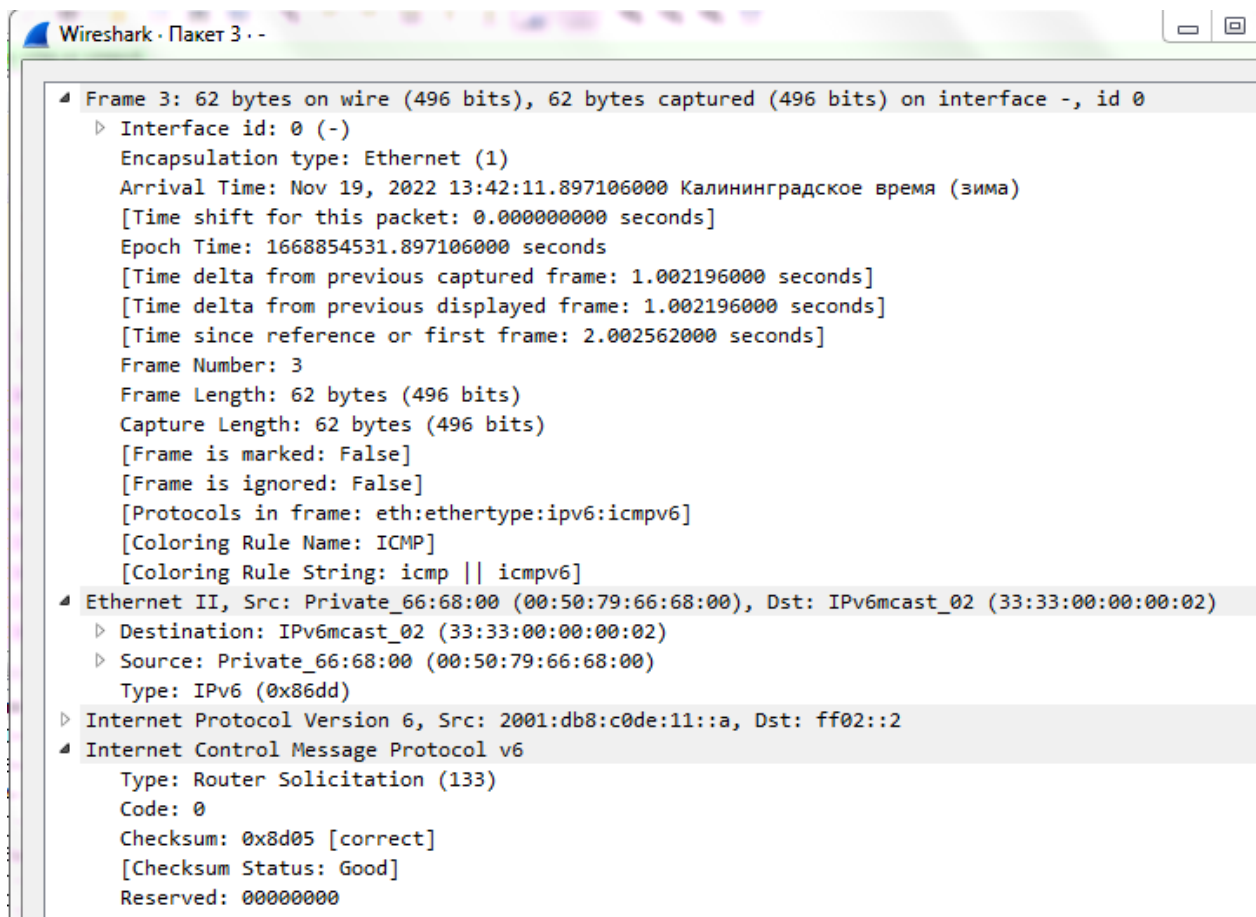


Рис.2.33. Пакет ICMPv6

3. Задание для самостоятельного выполнения

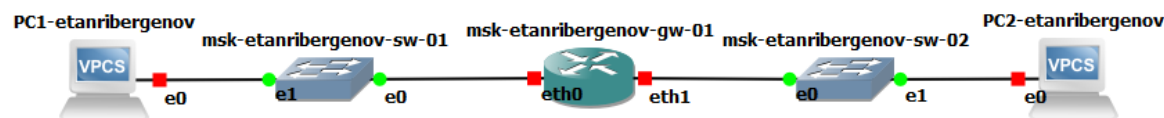


Рис. 3.1. Топология сети

1. Охарактеризовал подсети, указал, какие адреса в них входят (таб. 3.1 – 3.4).

Таблица 3.1. Характеристики первой подсети (IPv4)

Характеристика	Значение
Адрес сети	10.10.1.96/27
Длина префикса	27
Маска	255.255.255.224
Broadcast-адрес	10.10.1.127
Адрес сети в двоичной форме	00001010 00001010 00000001 01100000
Маска в двоичной форме	11111111 11111111 11111111 11100000
Broadcast-адрес в двоичной форме	00001010 00001010 00000001 01111111
Число подсетей	$2^{27} = 134\ 217\ 728$
Диапазон адресов узлов	10.10.1.97 – 10.10.1.126

Таблица 3.2. Характеристики первой подсети (IPv6)

Характеристика	Значение
Адрес сети	2001:DB8:1:1::/64
Длина префикса	64
Маска	ffff:ffff:ffff:ffff::
Тип	Индивидуальный (Unicast), глобальный
Префикс	2001:DB8:1:1::
Двоичное представление префикса	0010000000000001 0000110110111000 0000000000000001 0000000000000001 0000000000000000 0000000000000000 0000000000000000 0000000000000000
Диапазон адресов узлов сети	2001:DB8:1:1::1 – 2001:DB8:1:1::ffff

Таблица 3.3. Характеристики второй подсети (IPv4)

Характеристика	Значение
Адрес сети	10.10.1.16/28
Длина префикса	28
Маска	255.255.255.240
Broadcast-адрес	10.10.1.255
Адрес сети в двоичной форме	00001010 00001010 00000001 00010000
Маска в двоичной форме	11111111 11111111 11111111 11110000
Broadcast-адрес в двоичной форме	00001010 00001010 00000001 11111111
Число подсетей	$2^{28} = 268\ 435\ 456$
Диапазон адресов узлов	10.10.1.17 – 10.10.1.31

Таблица 3.4. Характеристики второй подсети (IPv6)

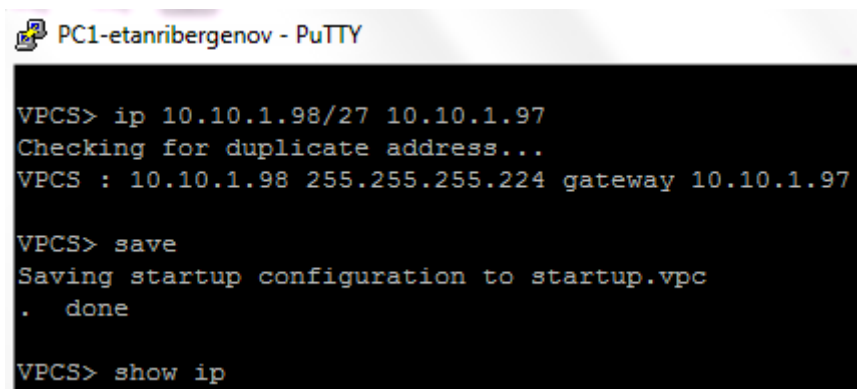
Характеристика	Значение
Адрес сети	2001:DB8:1:4::/64
Длина префикса	64
Маска	ffff:ffff:ffff:ffff::
Тип	Индивидуальный (Unicast), глобальный
Префикс	2001:DB8:1:4::
Двоичное представление префикса	00100000000000001 0000110110111000 00000000000000001 00000000000000100 00000000000000000 00000000000000000 00000000000000000 00000000000000000
Диапазон адресов узлов сети	2001:DB8:1:4::1 – 2001:DB8:1:4::ffff

- Предложил вариант таблицы адресации для заданной топологии и адресного пространства, причём для интерфейсов маршрутизатора выбрал наименьший адрес в подсети (таб. 3.5).

Таблица 3.5. Таблица адресации

Устройство	Интерфейс	IPv4-адрес	IPv6-адрес	Шлюз по умолчанию
gw-01	eth0	10.10.1.97/27	2001:DB8:1:1::1/64	
gw-01	eth1	10.10.1.17/28	2001:DB8:1:4::1/64	
PC-1	NIC	10.10.1.98/27	2001:DB8:1:1::a/64	10.10.1.97
PC-2	NIC	10.10.1.18/28	2001:DB8:1:4::a/64	10.10.1.17

3. Настроил IP-адресацию на маршрутизаторе VyOS и оконечных устройствах, причём на интерфейсах маршрутизатора установил наименьший адрес в подсети (рис. 3.2 – 3.10).



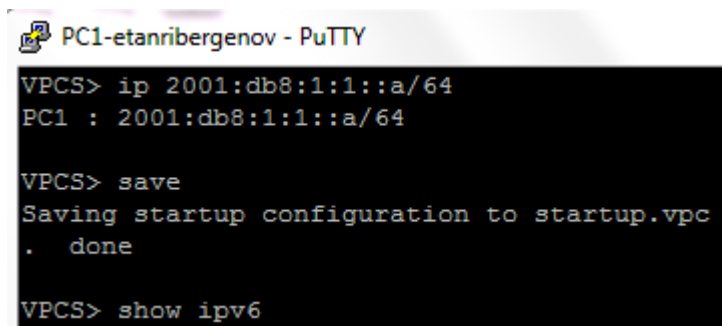
```
PC1-etanribergenov - PuTTY

VPCS> ip 10.10.1.98/27 10.10.1.97
Checking for duplicate address...
VPCS : 10.10.1.98 255.255.255.224 gateway 10.10.1.97

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

VPCS> show ip
```

Рис. 3.2. Установка IP-адреса узлу PC1



```
PC1-etanribergenov - PuTTY

VPCS> ip 2001:db8:1:1::a/64
PC1 : 2001:db8:1:1::a/64

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

VPCS> show ipv6
```

Рис. 3.3. Установка IPv6-адреса узлу PC1

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

NAME       : VPCS[1]
IP/MASK    : 10.10.1.98/27
GATEWAY    : 10.10.1.97
DNS        :
MAC        : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 20010
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20011
MTU        : 1500

VPCS> show ipv6

NAME       : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6800/64
GLOBAL SCOPE    : 2001:db8:1:1::a/64
DNS           :
ROUTER LINK-LAYER : 0c:70:3f:9d:00:00
MAC          : 00:50:79:66:68:00
LPORT       : 20010
RHOST:PORT   : 127.0.0.1:20011
MTU         : 1500

VPCS> 
```

Рис. 3.4. Проверка настройки узла PC1

```
PC2-etanribergenov - PuTTY
VPCS> ip 10.10.1.18/28 10.10.1.17
Checking for duplicate address...
VPCS : 10.10.1.18 255.255.255.240 gateway 10.10.1.17

VPCS> save
```

Рис. 3.5. Установка IP-адреса узлу PC2

```
PC2-etanribergenov - PuTTY
VPCS> ip 2001:db8:1:4::a/64
PC1 : 2001:db8:1:4::a/64

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

VPCS> show ipv6
```

Рис. 3.6. Установка IPv6-адреса узлу PC2

```
PC2-etanribergenov - PuTTY
VPCS> show ip
NAME       : VPCS[1]
IP/MASK    : 10.10.1.18/28
GATEWAY    : 10.10.1.17
DNS        :
MAC        : 00:50:79:66:68:01
LPORT      : 20008
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20009
MTU        : 1500

VPCS> show ipv6
NAME           : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6801/64
GLOBAL SCOPE    : 2001:db8:1:4::a/64
DNS             :
ROUTER LINK-LAYER : 0c:70:3f:9d:00:01
MAC             : 00:50:79:66:68:01
LPORT          : 20008
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20009
MTU            : 1500

VPCS> 
```

Рис. 3.7. Проверка настройки узла PC2

```
msk-etanribergenov-gw-01 - PuTTY
vyos@msk-etanribergenov-gw-01:~$ configure
[edit]
vyos@msk-etanribergenov-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:1:1::1/64
[edit]
vyos@msk-etanribergenov-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 10.10.1.97/27
[edit]
vyos@msk-etanribergenov-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:1:4::1/64
[edit]
vyos@msk-etanribergenov-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 10.10.1.17/28
[edit]
```

Рис. 3.8. Настройка IP- и IPv6-адресации маршрутизатора VyOS

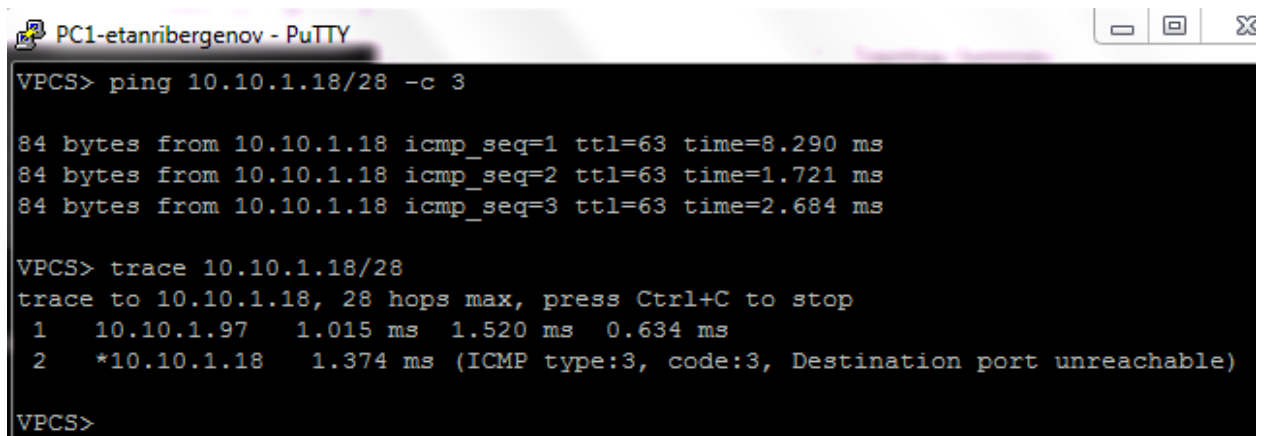
```
msk-etanribergenov-gw-01 - PuTTY
vyos@msk-etanribergenov-gw-01# set service router-advert interface eth0 prefix 2
001:db8:1:1::/64
[edit]
vyos@msk-etanribergenov-gw-01# set service router-advert interface eth1 prefix 2
001:db8:1:4::/64
[edit]
vyos@msk-etanribergenov-gw-01#
```

Рис. 3.9. Настройка IP- и IPv6-адресации маршрутизатора VyOS

```
msk-etanribergenov-gw-01 - PuTTY
vyos@msk-etanribergenov-gw-01# commit
[edit]
vyos@msk-etanribergenov-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@msk-etanribergenov-gw-01# show interfaces
  ethernet eth0 {
    address 2001:db8:1:1::1/64
    address 10.10.1.97/27
    hw-id 0c:70:3f:9d:00:00
  }
  ethernet eth1 {
    address 2001:db8:1:4::1/64
    address 10.10.1.17/28
    hw-id 0c:70:3f:9d:00:01
  }
  ethernet eth2 {
    hw-id 0c:70:3f:9d:00:02
  }
  loopback lo {
  }
[edit]
vyos@msk-etanribergenov-gw-01#
```

Рис. 3.10. Проверка интерфейсов маршрутизатора VyOS

4. Проверил подключение между устройствами подсети с помощью команд ping и trace. Успешно – сеть работает.



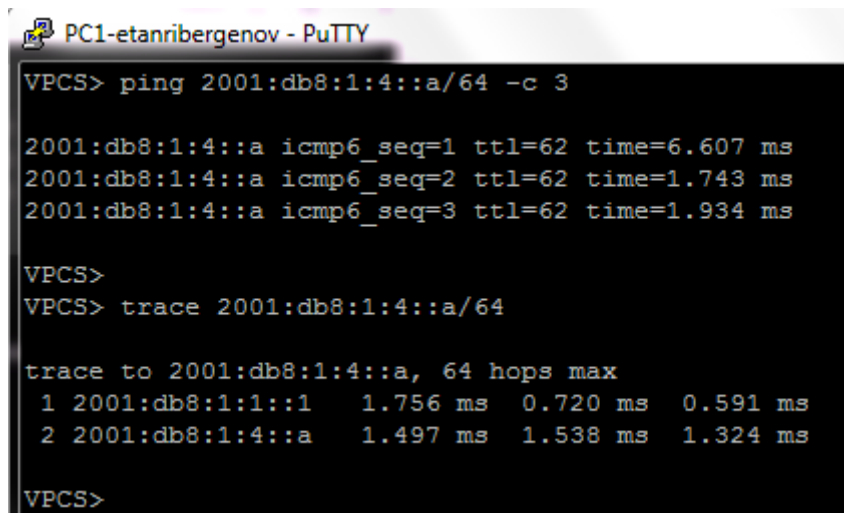
```
PC1-etanribergenov - PuTTY
VPCS> ping 10.10.1.18/28 -c 3

84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=1 ttl=63 time=8.290 ms
84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.721 ms
84 bytes from 10.10.1.18 icmp_seq=3 ttl=63 time=2.684 ms

VPCS> trace 10.10.1.18/28
trace to 10.10.1.18, 28 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  10.10.1.97    1.015 ms  1.520 ms  0.634 ms
 2  *10.10.1.18   1.374 ms  (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS>
```

Рис. 3.11. Проверка IP-соединения на узле PC1



```
PC1-etanribergenov - PuTTY
VPCS> ping 2001:db8:1:4::a/64 -c 3

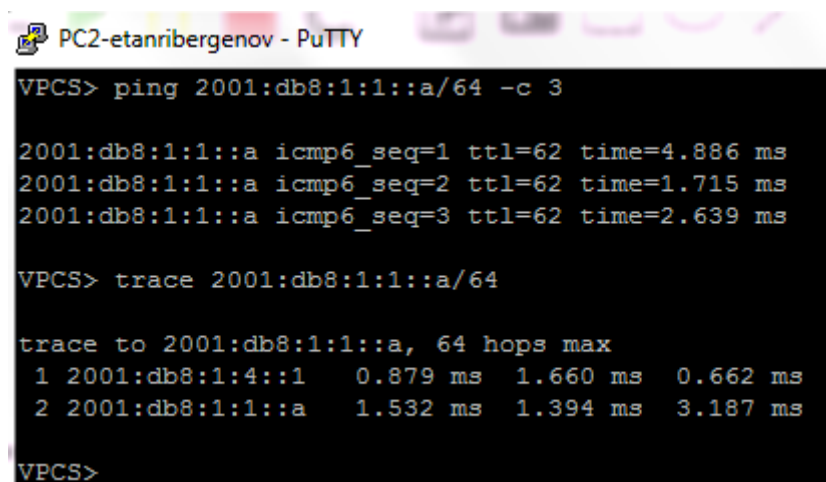
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=6.607 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=1.743 ms
2001:db8:1:4::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=1.934 ms

VPCS>
VPCS> trace 2001:db8:1:4::a/64

trace to 2001:db8:1:4::a, 64 hops max
 1 2001:db8:1:1::1 1.756 ms 0.720 ms 0.591 ms
 2 2001:db8:1:4::a 1.497 ms 1.538 ms 1.324 ms

VPCS>
```

Рис. 3.12. Проверка IPv6-соединения на узле PC1



```
PC2-etanribergenov - PuTTY
VPCS> ping 2001:db8:1:1::a/64 -c 3

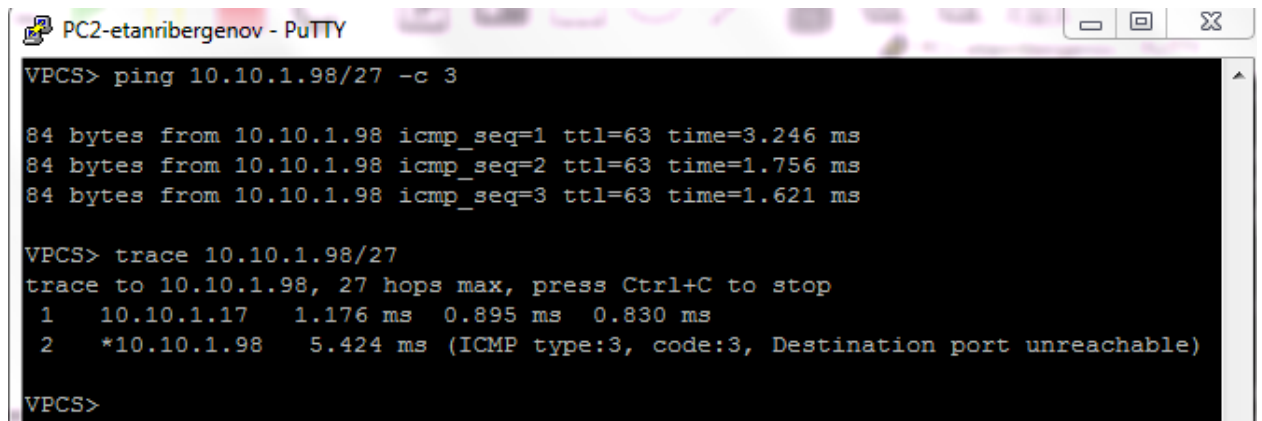
2001:db8:1:1::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=4.886 ms
2001:db8:1:1::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=1.715 ms
2001:db8:1:1::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=2.639 ms

VPCS> trace 2001:db8:1:1::a/64

trace to 2001:db8:1:1::a, 64 hops max
 1 2001:db8:1:4::1 0.879 ms 1.660 ms 0.662 ms
 2 2001:db8:1:1::a 1.532 ms 1.394 ms 3.187 ms

VPCS>
```

Рис. 3.13. Проверка IP-соединения на узле PC2



```
PC2-etanribergenov - PuTTY
VPCS> ping 10.10.1.98/27 -c 3

84 bytes from 10.10.1.98 icmp_seq=1 ttl=63 time=3.246 ms
84 bytes from 10.10.1.98 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.756 ms
84 bytes from 10.10.1.98 icmp_seq=3 ttl=63 time=1.621 ms

VPCS> trace 10.10.1.98/27
trace to 10.10.1.98, 27 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  10.10.1.17   1.176 ms  0.895 ms  0.830 ms
 2  *10.10.1.98  5.424 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

VPCS>
```

Рис. 3.14. Проверка IPv6-соединения на узле PC2

Вывод:

В результате выполнения лабораторной работы я изучил принципы распределения и настройки адресного пространства на устройствах сети.