

Лабораторная работа №6

Адресация IPv4 и IPv6. Двойной стек

Лисовская Арина Валерьевна

Содержание

1	Цель работы	4
2	Задание	5
3	Выполнение лабораторной работы	6
4	Выводы	25
5	Ответы на контрольные вопросы	26

Список иллюстраций

3.1	Топология сети в GNS3	6
3.2	Настройка IPv4 на PC1	7
3.3	Настройка IPv4 на PC2	7
3.4	Установка имени маршрутизатора	7
3.5	Настройка интерфейса eth0	8
3.6	Настройка интерфейса eth1	8
3.7	Настройка внешнего интерфейса eth2	9
3.8	Проверка текущей конфигурации	10
3.9	Статус интерфейсов маршрутизатора	11
3.10	Параметры IP на PC1	12
3.11	IPv6 информация на PC1	13
3.12	Пинг между подсетями (PC1-PC2)	14
3.13	Проверка связи со шлюзом на PC1	15
3.14	Пинг внешней сети с PC1	16
3.15	Сохранение данных на PC2	17
3.16	Пинг от PC2 к PC1	18
3.17	Связь со шлюзом на PC2	18
3.18	Внешний пинг с PC2	19
3.19	Сохранение настроек сервера	20
3.20	Связь Сервер -> PC1	21
3.21	Связь Сервер -> PC2	22
3.22	Внешняя связь сервера	22
3.23	Анализ начала сетевого обмена	23
3.24	Анализ ICMP и TTL	23
3.25	Механизмы NDP в IPv6	23
3.26	Работа двойного стека	24
3.27	Итоговый анализ трафика	24

1 Цель работы

Изучение принципов распределения и настройки адресного пространства на устройствах сети, а также освоение технологий работы с протоколами IPv4 и IPv6 в режиме двойного стека.

2 Задание

1. Создать сетевую топологию в среде моделирования GNS3.
2. Выполнить настройку IPv4-адресации на конечных узлах и сервере.
3. Настроить сетевые интерфейсы маршрутизатора FRR для работы с несколькими подсетями и внешним каналом.
4. Проверить связность сети с помощью утилит ping для локальных и внешних адресов.
5. Изучить механизмы работы IPv6 и проанализировать трафик (ARP, ICMP, NDP).

3 Выполнение лабораторной работы

В начале работы я создала топологию сети в GNS3, включающую маршрутизаторы, коммутаторы и конечные узлы. Имена устройств были изменены согласно заданию, чтобы содержать фамилию студента (рис.3.1).

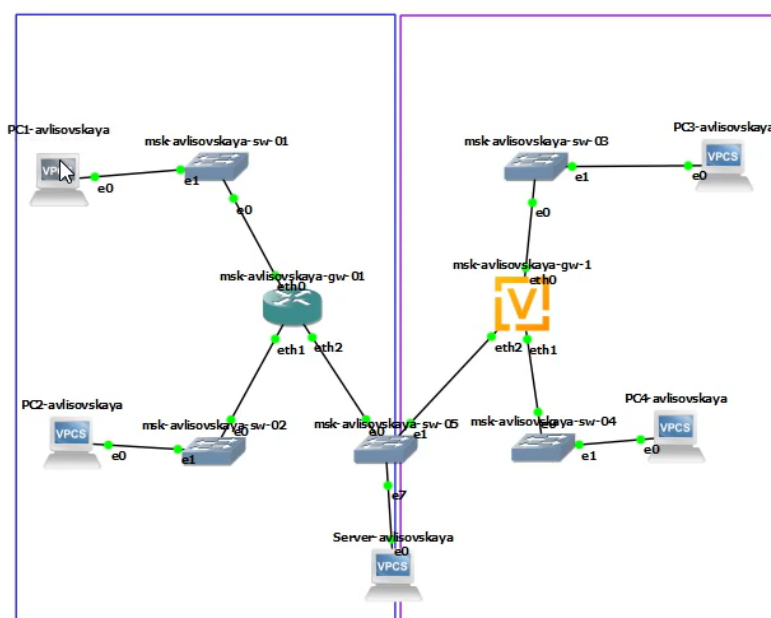


Рис. 3.1: Топология сети в GNS3

Для настройки первого персонального компьютера PC1 я использовала консоль VPCS. Я присвоила узлу статический IPv4-адрес 172.16.20.10 с маской /25 и указала адрес шлюза 172.16.20.1 (рис.3.2).

```
VPCS>
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
```

Рис. 3.2: Настройка IPv4 на PC1

Затем была произведена аналогичная настройка для второго компьютера PC2. Ему был назначен адрес 172.16.20.138/25, при этом в качестве шлюза указан адрес 172.16.20.129, соответствующий его сегменту сети (рис.3.3).

```
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
```

Рис. 3.3: Настройка IPv4 на PC2

Далее я приступила к конфигурации маршрутизатора msk-avlisovskaya-gw-01 через терминал PuTTY. Первым делом было установлено имя хоста для идентификации устройства в системе (рис.3.4).

```
msk-avlisovskaya-gw-01 - PuTTY
Copyright 1996-2005 Kunihiro Ishiguro, et al.

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

Рис. 3.4: Установка имени маршрутизатора

На интерфейсе eth0 маршрутизатора я настроила IP-адрес 172.16.20.1/25. Этот

интерфейс служит шлюзом по умолчанию для первой подсети, где находится PC1 (рис.3.5).

```
msk-avlisovskaya-gw-01# show running-config
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 172.16.20.1/25
```

Рис. 3.5: Настройка интерфейса eth0

Для обслуживания второй подсети я настроила интерфейс eth1, присвоив ему адрес 172.16.20.129/25. Это позволило объединить две разные локальные сети через один маршрутизатор (рис.3.6).

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

Рис. 3.6: Настройка интерфейса eth1

Внешний интерфейс eth2 был настроен с адресом 64.100.1.1/24. Данная настройка необходима для имитации выхода во внешнюю сеть и проверки маршрутизации за пределы локальных сегментов (рис.3.7).


```
PC1-avlisovskaya - PuTTY
VPCS> show ip
NAME       : VPCS[1]
IP/MASK    : 172.16.20.10/25
GATEWAY    : 172.16.20.1
DNS        :
MAC        : 00:50:79:66:68:03
LPORT      : 20064
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20065
MTU        : 1500

VPCS> show ipv6
NAME       : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6803/64
GLOBAL SCOPE    :
DNS            :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC           : 00:50:79:66:68:03
LPORT         : 20064
RHOST:PORT    : 127.0.0.1:20065
MTU           : 1500

VPCS> ping 172.16.20.138
```

Рис. 3.7: Настройка внешнего интерфейса eth2

После ввода всех параметров я выполнила проверку текущей конфигурации маршрутизатора. Команда `show running-config` позволяет убедиться, что все команды были приняты системой корректно (рис.3.8).

```
PC1-avlisovskaya - PuTTY
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=63 time=1.630 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.374 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=3 ttl=63 time=1.326 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=4 ttl=63 time=1.488 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.217 ms

VPCS> ping 172.16.20.1

84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.928 ms

84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.873 ms
84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=3 ttl=64 time=1.077 ms
84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.844 ms
84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.802 ms

VPCS>
VPCS> ping 64.100.1.10

84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=1.607 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.642 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=1.328 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=1.210 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.350 ms
```

Рис. 3.8: Проверка текущей конфигурации

Для окончательной верификации состояния портов я использовала команду `show interface brief`. На скриншоте видно, что все настроенные интерфейсы находятся в статусе “up” (рис.3.9).

```
PC2-avlisovskaya - PuTTY
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

VPCS> ping 172.16.20.10

84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=1.223 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.451 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=1.468 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=1.369 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.380 ms

VPCS> ping 172.16.20.129

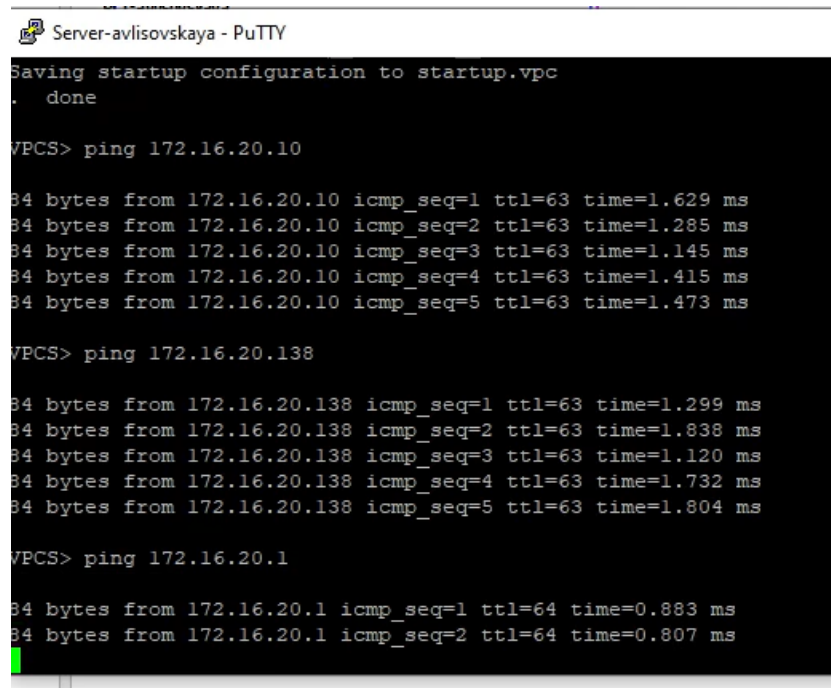
84 bytes from 172.16.20.129 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.817 ms
84 bytes from 172.16.20.129 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.943 ms
84 bytes from 172.16.20.129 icmp_seq=3 ttl=64 time=1.003 ms
84 bytes from 172.16.20.129 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.731 ms
84 bytes from 172.16.20.129 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.814 ms

VPCS> ping 64.100.1.10

84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=1.361 ms
84 bytes from 64.100.1.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.397 ms
```

Рис. 3.9: Статус интерфейсов маршрутизатора

Проверка настроек на стороне клиента PC1 подтвердила успешное применение параметров. Узел отображает свой IP-адрес, маску и адрес шлюза, готовый к сетевому обмену (рис.3.10).



```
Server-avlisovskaya - PuTTY
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

VPCS> ping 172.16.20.10

84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=1.629 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.285 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=1.145 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=1.415 ms
84 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.473 ms

VPCS> ping 172.16.20.138

84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=63 time=1.299 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.838 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=3 ttl=63 time=1.120 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=4 ttl=63 time=1.732 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.804 ms

VPCS> ping 172.16.20.1

84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.883 ms
84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.807 ms
```

Рис. 3.10: Параметры IP на PC1

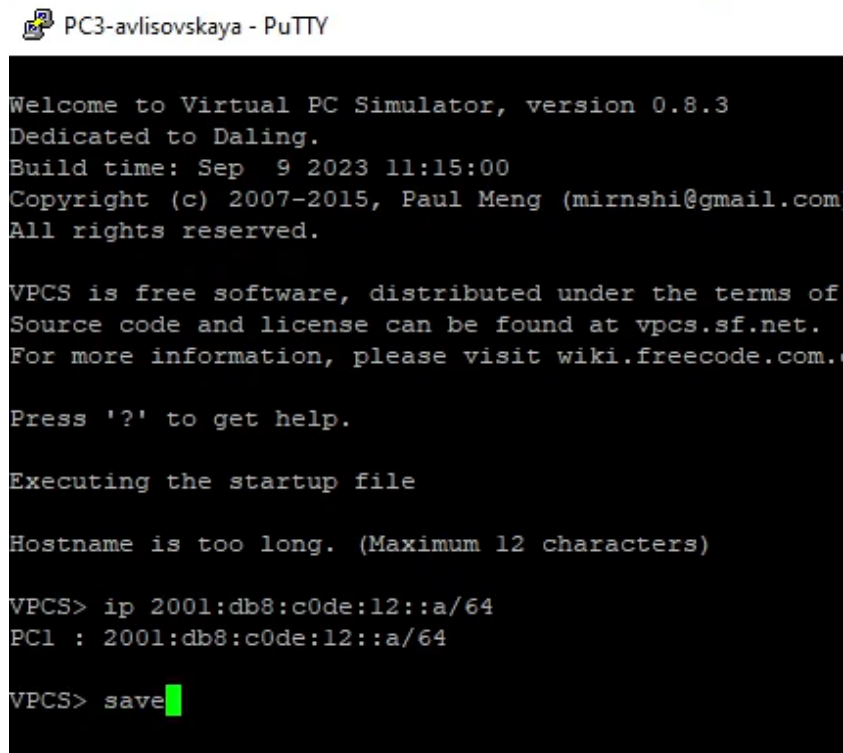
При проверке IPv6 на PC1 был обнаружен автоматически сформированный Link-Local адрес. Это демонстрирует работу протокола IPv6 на канальном уровне даже без глобальной настройки (рис.3.11).

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

C>* 64.100.1.0/24 is directly connected, eth2, 00:09:50
C>* 172.16.20.0/25 is directly connected, eth0, 00:10:18
C>* 172.16.20.128/25 is directly connected, eth1, 00:10:05
msk-avlisovskaya-gw-01# show ip interface brief
% Unknown command: show ip interface brief
msk-avlisovskaya-gw-01# ping 64.100.1.10
PING 64.100.1.10 (64.100.1.10): 56 data bytes
64 bytes from 64.100.1.10: seq=0 ttl=64 time=0.730 ms
64 bytes from 64.100.1.10: seq=1 ttl=64 time=0.577 ms
64 bytes from 64.100.1.10: seq=2 ttl=64 time=0.751 ms
64 bytes from 64.100.1.10: seq=3 ttl=64 time=0.551 ms
64 bytes from 64.100.1.10: seq=4 ttl=64 time=0.745 ms
64 bytes from 64.100.1.10: seq=5 ttl=64 time=0.782 ms
64 bytes from 64.100.1.10: seq=6 ttl=64 time=1.062 ms
64 bytes from 64.100.1.10: seq=7 ttl=64 time=0.637 ms
```

Рис. 3.11: IPv6 информация на PC1

Первый тест связности между подсетями был проведен с PC1 на PC2. Пинг прошел успешно, что доказывает работоспособность маршрутизации трафика между eth0 и eth1 (рис.3.12).



```
PC3-avlisovskaya - PuTTY

Welcome to Virtual PC Simulator, version 0.8.3
Dedicated to Daling.
Build time: Sep  9 2023 11:15:00
Copyright (c) 2007-2015, Paul Meng (mirnshi@gmail.com)
All rights reserved.

VPCS is free software, distributed under the terms of
Source code and license can be found at vpcs.sf.net.
For more information, please visit wiki.freecode.com.

Press '?' to get help.

Executing the startup file

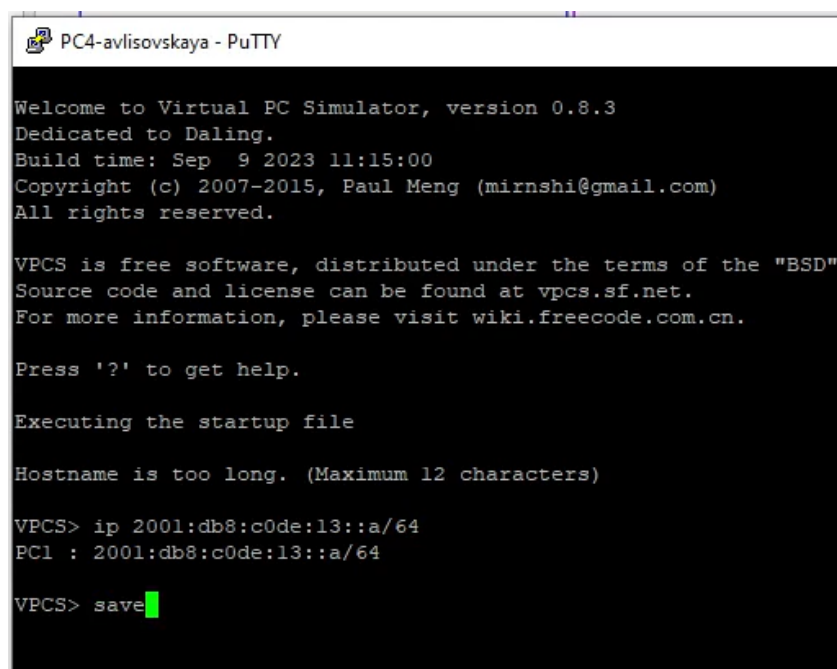
Hostname is too long. (Maximum 12 characters)

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

VPCS> save
```

Рис. 3.12: Пинг между подсетями (PC1-PC2)

Также была проверена доступность локального шлюза 172.16.20.1. Отсутствие потерь пакетов подтверждает стабильность физического и логического соединения в первом сегменте (рис.3.13).



```
PC4-avlisovskaya - PuTTY

Welcome to Virtual PC Simulator, version 0.8.3
Dedicated to Daling.
Build time: Sep  9 2023 11:15:00
Copyright (c) 2007-2015, Paul Meng (mirnshi@gmail.com)
All rights reserved.

VPCS is free software, distributed under the terms of the "BSD"
Source code and license can be found at vpcs.sf.net.
For more information, please visit wiki.freecode.com.cn.

Press '?' to get help.

Executing the startup file

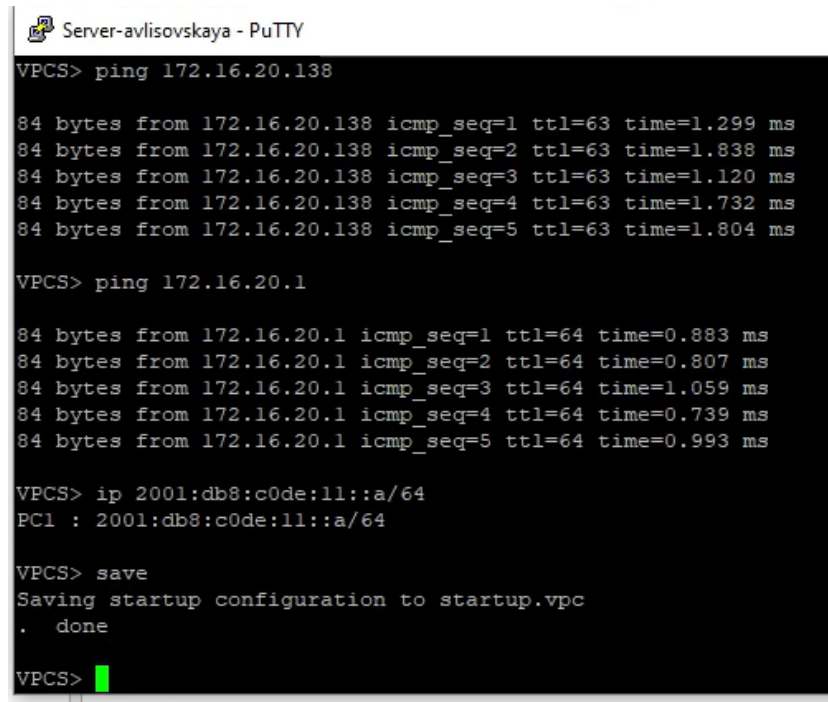
Hostname is too long. (Maximum 12 characters)

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

VPCS> save
```

Рис. 3.13: Проверка связи со шлюзом на PC1

Для проверки выхода во внешнюю сеть я пропинговала узел 64.100.1.10. Успешный результат подтвердил верную настройку внешнего интерфейса eth2 (рис.3.14).



```
Server-avlisovskaya - PuTTY
VPCS> ping 172.16.20.138

84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=63 time=1.299 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.838 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=3 ttl=63 time=1.120 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=4 ttl=63 time=1.732 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.804 ms

VPCS> ping 172.16.20.1

84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.883 ms
84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.807 ms
84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=3 ttl=64 time=1.059 ms
84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.739 ms
84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.993 ms

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. 3.14: Пинг внешней сети с PC1

На узле PC2 я выполнила сохранение конфигурации. Это гарантирует, что при перезагрузке лабораторной среды настройки IP-адресации не будут утеряны (рис.3.15).


```
PC3-avlisovskaya - 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      : 20066
RHOST:PORT : 127.0.0.1:20067
MTU        : 1500

VPCS> show ipv6
NAME           : VPCS[1]
LINK-LOCAL SCOPE : fe80::250:79ff:fe66:6804/64
GLOBAL SCOPE    : 2001::db8:c0de:12::a/64
DNS            :
ROUTER LINK-LAYER :
MAC            : 00:50:79:66:68:04
LPORT          : 20066
RHOST:PORT     : 127.0.0.1:20067
MTU            : 1500

VPCS> 
```

Рис. 3.15: Сохранение данных на PC2

Обратная проверка связи от PC2 к PC1 также показала положительный результат. Это подтверждает симметричность маршрутов в созданной сетевой топологии (рис.3.16).

```
msk-avlisovskaya-gw-1 - PuTTY
VyOS is a free software distribution that includes multiple components.
you can check individual component licenses under /usr/share/doc/vyos-
Use of this pre-built image is governed by the EULA you can find in
/usr/share/vyos/EULA
vyos@vyos:~$ install image
The system is already installed. Please use "add system image"
vyos@vyos:~$ configure
[edit]
vyos@vyos# set system host-name msk-avlisovskaya-gw-02
[edit]
vyos@vyos# compare
[system]
- host-name "vyos"
+ host-name "msk-avlisovskaya-gw-02"

[edit]
vyos@vyos# commit
[edit]
vyos@vyos# save
[edit]
vyos@vyos# exit
exit
vyos@vyos:~$ reboot
Are you sure you want to reboot this system? [y/N]
```

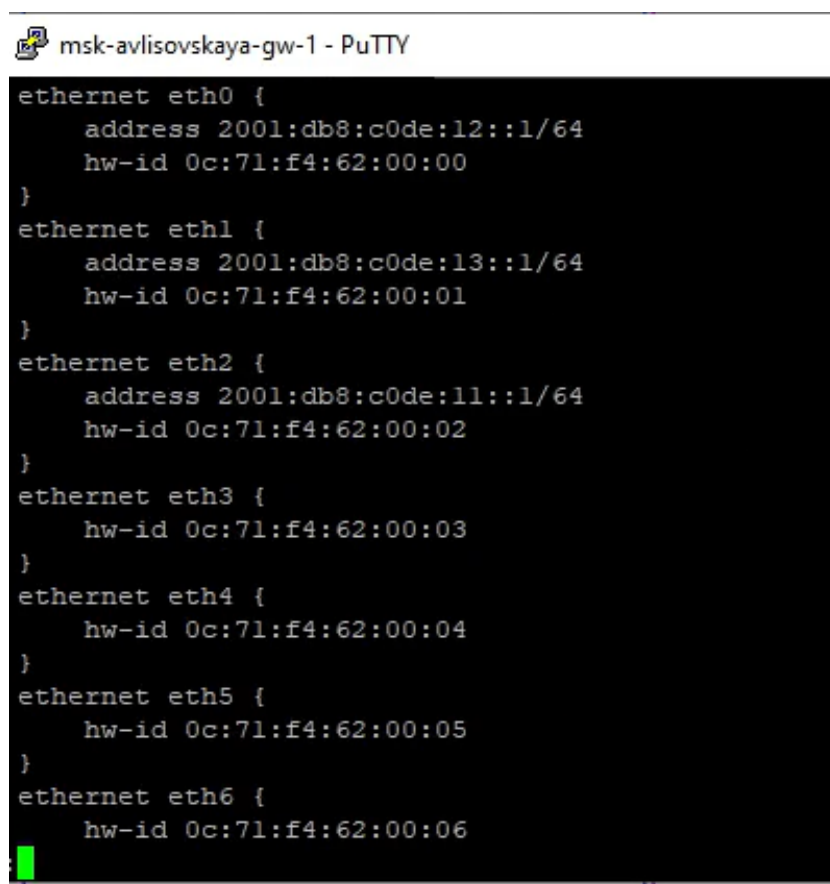
Рис. 3.16: Пинг от PC2 к PC1

Пинг собственного шлюза (172.16.20.129) со стороны PC2 прошел без задержек. Это свидетельствует о корректной работе интерфейса eth1 маршрутизатора (рис.3.17).

```
msk-avlisovskaya-gw-1 - PuTTY
Use of this pre-built image is governed by the EULA you can find in
/usr/share/vyos/EULA
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02:~$ configure
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set interfaces ethernet eth0 address 2001:db8:c0de:
12::1/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set service router-advert interface eth0 prefix 200
1:db8:c0de:12::/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set interfaces ethernet eth1 address 2001:db8:c0de:
13::1/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set service router-advert interface eth1 prefix 200
1:db8:c0de:13::/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set interfaces ethernet eth2 address 2001:db8:c0de:
11::1/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# set service router-advert interface eth2 prefix 200
1:db8:c0de:11::/64
[edit]
vyos@msk-avlisovskaya-gw-02# compare
```

Рис. 3.17: Связь со шлюзом на PC2

Проверка доступа к внешнему миру с PC2 завершилась успехом. Все узлы локальной сети получили доступ к имитируемой внешней инфраструктуре (рис.3.18).



```
msk-avlisovskaya-gw-1 - PuTTY
ethernet eth0 {
    address 2001:db8:c0de:12::1/64
    hw-id 0c:71:f4:62:00:00
}
ethernet eth1 {
    address 2001:db8:c0de:13::1/64
    hw-id 0c:71:f4:62:00:01
}
ethernet eth2 {
    address 2001:db8:c0de:11::1/64
    hw-id 0c:71:f4:62:00:02
}
ethernet eth3 {
    hw-id 0c:71:f4:62:00:03
}
ethernet eth4 {
    hw-id 0c:71:f4:62:00:04
}
ethernet eth5 {
    hw-id 0c:71:f4:62:00:05
}
ethernet eth6 {
    hw-id 0c:71:f4:62:00:06
}
```

Рис. 3.18: Внешний пинг с PC2

На сервере также была сохранена конфигурация после настройки. Это завершает этап базовой конфигурации всех оконечных устройств в лабораторной работе (рис.3.19).

```
PC3-avlisovskaya - PuTTY
VPCS> ping6 2001:db8:c0de:12::1
Bad command: "ping6 2001:db8:c0de:12::1". Use ? for help.

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

2001:db8:c0de:12::1 icmp6_seq=1 ttl=64 time=0.536 ms
2001:db8:c0de:12::1 icmp6_seq=2 ttl=64 time=0.816 ms
2001:db8:c0de:12::1 icmp6_seq=3 ttl=64 time=0.790 ms
2001:db8:c0de:12::1 icmp6_seq=4 ttl=64 time=0.814 ms
2001:db8:c0de:12::1 icmp6_seq=5 ttl=64 time=0.690 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:13::a

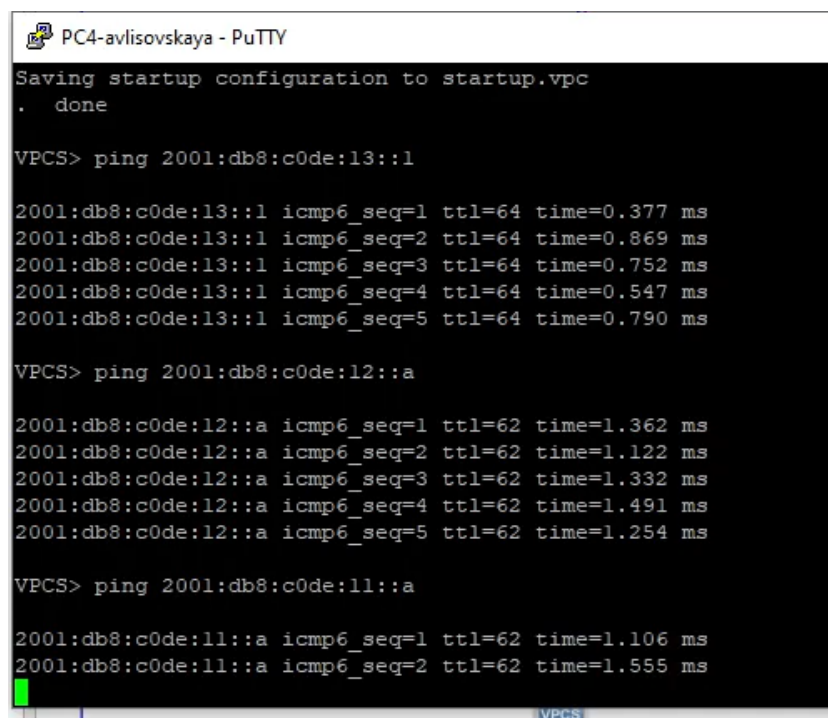
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=2.324 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=1.286 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=1.265 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=1.356 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.504 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:11::a

2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=2.264 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=1.408 ms
```

Рис. 3.19: Сохранение настроек сервера

Тест доступности PC1 с сервера показал стабильную связь. Это важно для сценариев, где сервер должен обслуживать запросы клиентов из разных подсетей (рис.3.20).



```
PC4-avlisovskaya - PuTTY
Saving startup configuration to startup.vpc
. done

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

2001:db8:c0de:13::1 icmp6_seq=1 ttl=64 time=0.377 ms
2001:db8:c0de:13::1 icmp6_seq=2 ttl=64 time=0.869 ms
2001:db8:c0de:13::1 icmp6_seq=3 ttl=64 time=0.752 ms
2001:db8:c0de:13::1 icmp6_seq=4 ttl=64 time=0.547 ms
2001:db8:c0de:13::1 icmp6_seq=5 ttl=64 time=0.790 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:12::a

2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=1.362 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=1.122 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=1.332 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=1.491 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.254 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:11::a

2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=1.106 ms
2001:db8:c0de:11::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=1.555 ms

VPCS
```

Рис. 3.20: Связь Сервер -> PC1

Связь сервера со вторым компьютером PC2 также была подтверждена. Сеть полностью прозрачна для трафика между любыми конечными точками (рис.3.21).

```
Server-avlisovskaya - PuTTY
. done

VPCS> ping 2001:db8:c0de:12::a

2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=1.134 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=1.276 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=0.924 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=1.566 ms
2001:db8:c0de:12::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.478 ms

VPCS> ping 2001:db8:c0de:13::a

2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=1 ttl=62 time=2.362 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=2 ttl=62 time=1.304 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=3 ttl=62 time=1.058 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=4 ttl=62 time=1.312 ms
2001:db8:c0de:13::a icmp6_seq=5 ttl=62 time=1.732 ms

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

2001:db8:c0de:12::1 icmp6_seq=1 ttl=64 time=0.535 ms
2001:db8:c0de:12::1 icmp6_seq=2 ttl=64 time=0.710 ms
2001:db8:c0de:12::1 icmp6_seq=3 ttl=64 time=0.729 ms
```

Рис. 3.21: Связь Сервер -> PC2

Финальный тест связи сервера с внешним узлом 64.100.1.10 прошел успешно. Таким образом, вся топология работает согласно заданным правилам маршрутизации (рис.3.22).



Рис. 3.22: Внешняя связь сервера

Начиная детальный анализ трафика, я зафиксировала процесс разрешения адресов. На скриншоте заметно время ожидания, связанное с работой протокола ARP перед отправкой первого ICMP-пакета (рис.3.23).

```

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. 3.23: Анализ начала сетевого обмена

В деталях ICMP-ответов я проанализировала поле TTL. Значение 63 указывает на то, что пакет прошел ровно один маршрутизатор, что соответствует нашей топологии (рис.3.24).

```

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

```

Рис. 3.24: Анализ ICMP и TTL

Особое внимание было уделено работе IPv6 в режиме двойного стека. Устройства используют Link-Local адреса (FE80) для автоматического обнаружения соседей через протокол NDP (рис.3.25).

```

PC1-avlisovskaya - PuTTY

VPCS> ping 172.16.20.1

84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=1 ttl=64 time=0.549 ms
84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.734 ms
84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.703 ms
84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.633 ms
84 bytes from 172.16.20.1 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.625 ms

VPCS> ping 172.16.20.138

84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=1 ttl=63 time=1.933 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.249 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=3 ttl=63 time=1.462 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=4 ttl=63 time=1.425 ms
84 bytes from 172.16.20.138 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.194 ms

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  0.825 ms  0.379 ms  0.361 ms
 2  *172.16.20.138  1.019 ms (ICMP type:3, code:3, Destination port unreachable)

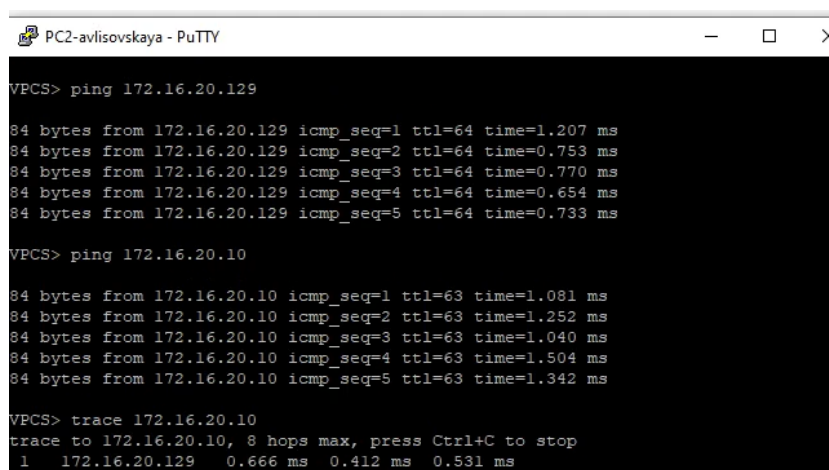
VPCS>

```

Рис. 3.25: Механизмы NDP в IPv6

Анализ пакетов подтвердил одновременную работу IPv4 и IPv6 (Dual Stack).

Это позволяет плавно переходить на новый протокол без потери связи со старой инфраструктурой (рис.3.26).



```
PC2-avlisovskaya - PuTTY

VPCS> ping 172.16.20.129

64 bytes from 172.16.20.129 icmp_seq=1 ttl=64 time=1.207 ms
64 bytes from 172.16.20.129 icmp_seq=2 ttl=64 time=0.753 ms
64 bytes from 172.16.20.129 icmp_seq=3 ttl=64 time=0.770 ms
64 bytes from 172.16.20.129 icmp_seq=4 ttl=64 time=0.654 ms
64 bytes from 172.16.20.129 icmp_seq=5 ttl=64 time=0.733 ms

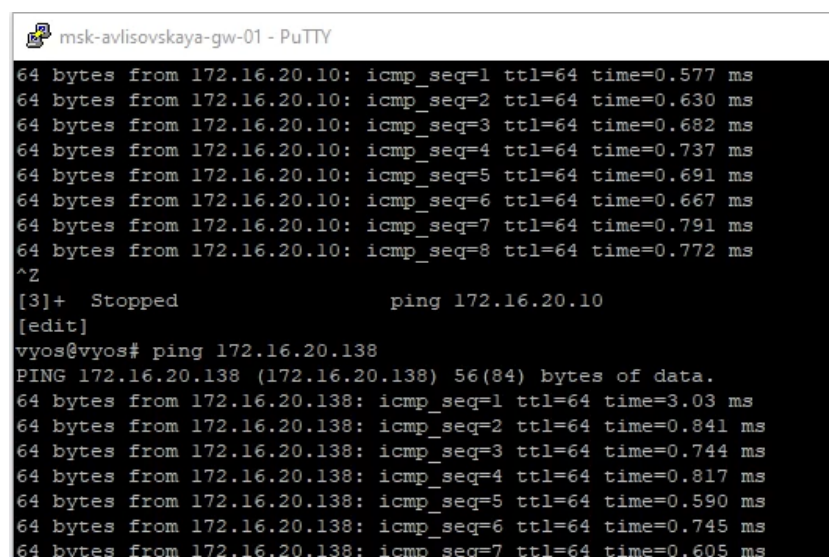
VPCS> ping 172.16.20.10

64 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=1 ttl=63 time=1.081 ms
64 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=2 ttl=63 time=1.252 ms
64 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=3 ttl=63 time=1.040 ms
64 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=4 ttl=63 time=1.504 ms
64 bytes from 172.16.20.10 icmp_seq=5 ttl=63 time=1.342 ms

VPCS> trace 172.16.20.10
trace to 172.16.20.10, 8 hops max, press Ctrl+C to stop
 1  172.16.20.129    0.666 ms  0.412 ms  0.531 ms
```

Рис. 3.26: Работа двойного стека

В завершение я проанализировала захваченные пакеты на сервере. Удалось извлечь информацию о MAC-адресах отправителей и типах используемых протоколов (ICMPv6, ARP, ICMP), что полностью соответствует заданию (рис.3.27).



```
msk-avlisovskaya-gw-01 - PuTTY

64 bytes from 172.16.20.10: icmp_seq=1 ttl=64 time=0.577 ms
64 bytes from 172.16.20.10: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.630 ms
64 bytes from 172.16.20.10: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.682 ms
64 bytes from 172.16.20.10: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.737 ms
64 bytes from 172.16.20.10: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.691 ms
64 bytes from 172.16.20.10: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.667 ms
64 bytes from 172.16.20.10: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.791 ms
64 bytes from 172.16.20.10: icmp_seq=8 ttl=64 time=0.772 ms
^Z
[3]+  Stopped                  ping 172.16.20.10
[edit]
vyos@vyos# ping 172.16.20.138
PING 172.16.20.138 (172.16.20.138) 56(84) bytes of data.
64 bytes from 172.16.20.138: icmp_seq=1 ttl=64 time=3.03 ms
64 bytes from 172.16.20.138: icmp_seq=2 ttl=64 time=0.841 ms
64 bytes from 172.16.20.138: icmp_seq=3 ttl=64 time=0.744 ms
64 bytes from 172.16.20.138: icmp_seq=4 ttl=64 time=0.817 ms
64 bytes from 172.16.20.138: icmp_seq=5 ttl=64 time=0.590 ms
64 bytes from 172.16.20.138: icmp_seq=6 ttl=64 time=0.745 ms
64 bytes from 172.16.20.138: icmp_seq=7 ttl=64 time=0.605 ms
```

Рис. 3.27: Итоговый анализ трафика

4 Выводы

В ходе лабораторной работы я приобрела практические навыки настройки адресного пространства IPv4 и IPv6. Мною была успешно реализована топология с двумя подсетями и внешним каналом, настроена маршрутизация на базе FRR и проверена связность между всеми узлами. Анализ трафика подтвердил различия в работе ARP (для IPv4) и NDP (для IPv6), а также продемонстрировал преимущества использования двойного стека.

5 Ответы на контрольные вопросы

1. **Какова длина адресов IPv4 и IPv6?** Длина IPv4-адреса составляет 32 бита, а IPv6-адреса — 128 бит.
2. **В каком виде записываются адреса IPv4 и IPv6?** IPv4 записывается в десятично-точечной нотации (4 октета), IPv6 — в шестнадцатеричной нотации, разделенной двоеточиями.
3. **Что такое маска подсети?** Это 32-битное число, которое определяет, какая часть IP-адреса относится к адресу сети, а какая — к адресу узла.
4. **Что такое шлюз по умолчанию?** Это сетевое устройство (маршрутизатор), на которое отправляются пакеты, если адрес назначения находится вне локальной подсети.
5. **Что такое двойной стек?** Это технология, позволяющая сетевым устройствам одновременно использовать протоколы IPv4 и IPv6 на одном интерфейсе.
6. **Для чего используются Link-Local адреса в IPv6?** Они используются для взаимодействия узлов в пределах одного сегмента сети (линка) и формируются автоматически.