

# **Отчёт по лабораторной работе 7**

**Адресация IPv4 и IPv6. Настройка DHCP**

Гафоров Нурмухаммад

# Содержание

<b>1 Введение</b>	<b>5</b>
1.1 Цель работы . . . . .	5
<b>2 Ход выполнения</b>	<b>6</b>
2.1 Создание проекта и развертывание топологии в GNS3 . . . . .	6
2.2 Установка и настройка VyOS . . . . .	7
2.3 Настройка интерфейса и DHCP-сервера . . . . .	7
2.4 Получение IPv4-адреса по DHCP на клиенте PC1 . . . . .	8
2.5 Проверка конфигурации и связности . . . . .	9
2.6 Статистика DHCP-сервера . . . . .	10
2.7 Журнал работы DHCP . . . . .	11
2.8 Анализ DHCP-трафика в Wireshark . . . . .	11
2.9 Дополнение топологии и подготовка рабочей среды . . . . .	12
2.10 Настройка IPv6-адресации на маршрутизаторе . . . . .	13
2.11 Настройка Router Advertisements и DHCPv6 Stateless . . . . .	14
2.12 Проверка IPv6-параметров на узле PC2 . . . . .	16
2.13 Проверка настроек DNS . . . . .	17
2.14 Запрос параметров через DHCPv6 . . . . .	18
2.15 Проверка статистики DHCPv6-сервера на маршрутизаторе . . . . .	20
2.16 Анализ DHCPv6-трафика в Wireshark . . . . .	21
2.17 Настройка DHCPv6 Stateful на маршрутизаторе . . . . .	22
2.18 Проверка начальных параметров на узле PC3 . . . . .	22
2.19 Получение IPv6-адреса по DHCPv6 Stateful . . . . .	23
2.20 Повторная проверка состояния интерфейса и маршрутизации . . . . .	24
2.21 Просмотр таблицы аренд DHCPv6 на маршрутизаторе . . . . .	25
2.22 Анализ DHCPv6-трафика в Wireshark . . . . .	26
<b>3 Вывод</b>	<b>28</b>

# Список иллюстраций

2.1	Топология сети в GNS3 . . . . .	6
2.2	Настройка имени устройства и домена . . . . .	7
2.3	Настройка DHCP сервера . . . . .	8
2.4	Получение IP по DHCP на PC1 . . . . .	9
2.5	Просмотр IP-конфигурации на PC1 . . . . .	10
2.6	Статистика DHCP-сервера . . . . .	10
2.7	Журнал DHCP . . . . .	11
2.8	DHCP-пакеты в Wireshark . . . . .	12
2.9	Топология сети . . . . .	13
2.10	Настройка IPv6 интерфейсов . . . . .	14
2.11	Настройка DHCPv6 Stateless . . . . .	15
2.12	Конфигурация DHCPv6 Stateless . . . . .	16
2.13	Начальные IPv6 параметры на PC2 . . . . .	17
2.14	Первичное содержимое resolv.conf . . . . .	18
2.15	Работа DHCPv6 клиента . . . . .	19
2.16	Обновлённый resolv.conf . . . . .	20
2.17	Статистика DHCPv6 . . . . .	20
2.18	DHCPv6 трафик в Wireshark . . . . .	21
2.19	Настройка DHCPv6 Stateful . . . . .	22
2.20	Начальные параметры PC3 . . . . .	23
2.21	Процесс DHCPv6 на PC3 . . . . .	24
2.22	Интерфейс и маршрутизация после получения адреса . . . . .	25
2.23	Аренды DHCPv6 . . . . .	26
2.24	Трафик DHCPv6 Stateful . . . . .	27

## **Список таблиц**

# **1 Введение**

## **1.1 Цель работы**

Получение навыков настройки службы DHCP на сетевом оборудовании для распределения адресов IPv4 и IPv6.

## 2 Ход выполнения

### 2.1 Создание проекта и развертывание топологии в GNS3

В **GNS3** был создан новый проект. На рабочее поле добавлены устройства: маршрутизатор **ngaforov-gw-01**, коммутатор **ngaforov-sw-01** и хост **PC1-ngaforov**. Устройства соединены в соответствии с заданной топологией.

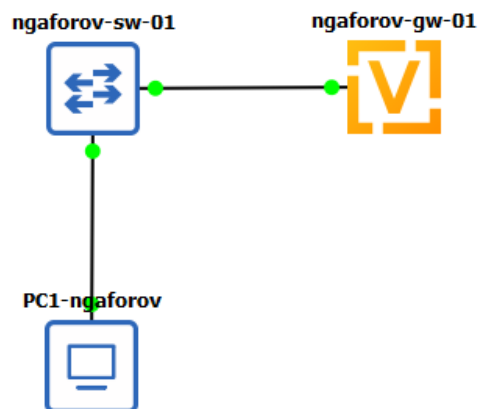


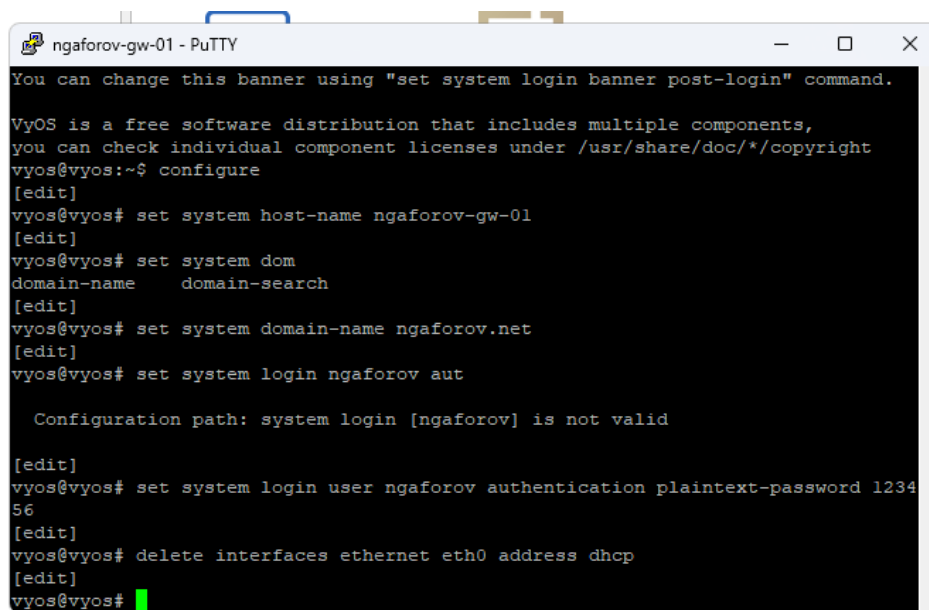
Рис. 2.1: Топология сети в GNS3

Названия устройств приведены к требуемому формату:  
маршрутизатор — **ngaforov-gw-01**,  
коммутатор — **ngaforov-sw-01**,  
клиент — **PC1-ngaforov**.

На линке между коммутатором и маршрутизатором активирован захват пакетов.

## 2.2 Установка и настройка VyOS

На маршрутизаторе выполнена установка системы VyOS через мастер install image. После завершения установки устройство перезагружено. Затем маршрутизатор переведён в режим конфигурирования, задано имя хоста, доменное имя, создан пользователь **ngaforov** и удалён стандартный пользователь vyos.



```
ngaforov-gw-01 - PuTTY
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
vyos@vyos:~$ configure
[edit]
vyos@vyos# set system host-name ngaforov-gw-01
[edit]
vyos@vyos# set system dom
domain-name      domain-search
[edit]
vyos@vyos# set system domain-name ngaforov.net
[edit]
vyos@vyos# set system login ngaforov aut

Configuration path: system login [ngaforov] is not valid

[edit]
vyos@vyos# set system login user ngaforov authentication plaintext-password 1234
56
[edit]
vyos@vyos# delete interfaces ethernet eth0 address dhcp
[edit]
vyos@vyos#
```

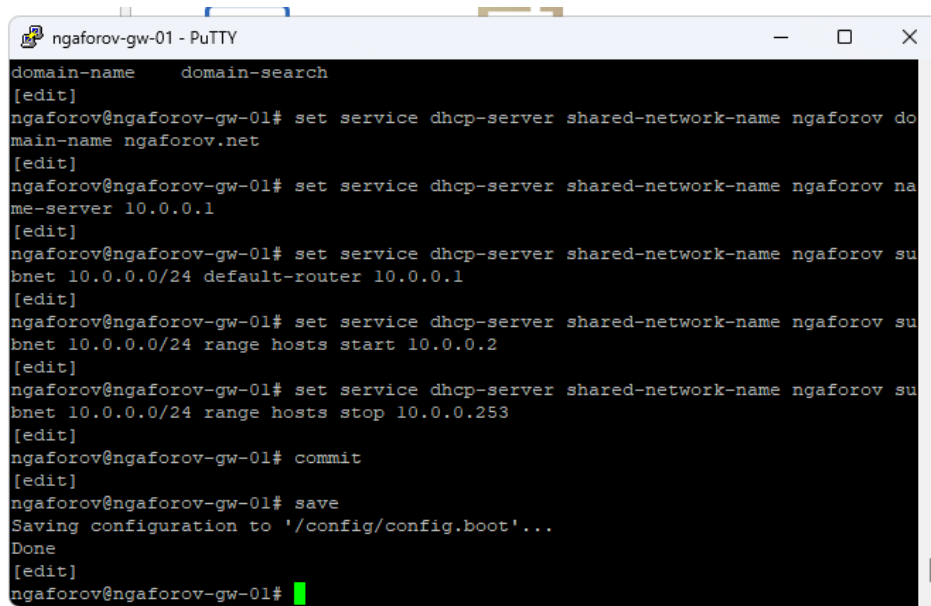
Рис. 2.2: Настройка имени устройства и домена

Настройки сохранены через commit и save.

## 2.3 Настройка интерфейса и DHCP-сервера

Интерфейсу eth0 маршрутизатора присвоен адрес **10.0.0.1/24**. После этого выполнена настройка DHCP-сервера: создана shared-network с именем **ngaforov**,

указано доменное имя, DNS-сервер, адрес маршрутизатора, а также диапазон адресов для выдачи клиентам — от **10.0.0.2** до **10.0.0.253**.



```
ngaforov-gw-01 - PuTTY
domain-name      domain-search
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name ngaforov do
main-name ngaforov.net
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name ngaforov na
me-server 10.0.0.1
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name ngaforov su
bnet 10.0.0.0/24 default-router 10.0.0.1
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name ngaforov su
bnet 10.0.0.0/24 range hosts start 10.0.0.2
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name ngaforov su
bnet 10.0.0.0/24 range hosts stop 10.0.0.253
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# commit
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01#
```

Рис. 2.3: Настройка DHCP сервера

Конфигурация сохранена.

## 2.4 Получение IPv4-адреса по DHCP на клиенте PC1

На хосте **PC1-ngaforov** выполнен запрос параметров через DHCP. На экране отображён полный DORA-цикл: Discover, Offer, Request, Ack. Клиент получил адрес **10.0.0.2/24**, шлюз **10.0.0.1**, DNS **10.0.0.1**, домен **ngaforov.net**.



```
PC1-ngaforov - PuTTY
Option 53: Message Type = Request
Option 54: DHCP Server = 10.0.0.1
Option 50: Requested IP Address = 10.0.0.2
Option 61: Client Identifier = Hardware Type=Ethernet MAC Address = 00:50:79:66:68:00
Option 12: Host Name = PC1-ngaforov

Opcode: 2 (REPLY)
Client IP Address: 10.0.0.2
Your IP Address: 10.0.0.2
Server IP Address: 0.0.0.0
Gateway IP Address: 0.0.0.0
Client MAC Address: 00:50:79:66:68:00
Option 53: Message Type = Ack
Option 54: DHCP Server = 10.0.0.1
Option 51: Lease Time = 86400
Option 1: Subnet Mask = 255.255.255.0
Option 3: Router = 10.0.0.1
Option 6: DNS Server = 10.0.0.1
Option 15: Domain = ngaforov.net

IP 10.0.0.2/24 GW 10.0.0.1
PC1-ngaforov>
```

Рис. 2.4: Получение IP по DHCP на PC1

## 2.5 Проверка конфигурации и связности

Команда `show ip` вывела полную конфигурацию интерфейса, включая адрес, шлюз, аренду DHCP и MAC-адрес. Затем выполнена проверка доступности маршрутизатора командой `ping`, результат — два успешных ответа.

```

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

PC1-ngaforov> show ip

NAME       : PC1-ngaforov[1]
IP/MASK    : 10.0.0.2/24
GATEWAY    : 10.0.0.1
DNS        : 10.0.0.1
DHCP SERVER : 10.0.0.1
DHCP LEASE  : 86384, 86400/43200/75600
DOMAIN NAME : ngaforov.net
MAC        : 00:50:79:66:68:00
LPORT     : 10004
RHOST:PORT  : 127.0.0.1:10005
MTU        : 1500

PC1-ngaforov> ping 10.0.0.1 -c 2

84 bytes from 10.0.0.1 icmp_seq=1 ttl=64 time=2.151 ms
84 bytes from 10.0.0.1 icmp_seq=2 ttl=64 time=1.472 ms

PC1-ngaforov>

```

Рис. 2.5: Просмотр IP-конфигурации на PC1

## 2.6 Статистика DHCP-сервера

На маршрутизаторе просмотрены текущие показатели DHCP-сервера и активные аренды. Пул содержит 252 возможных адреса, выдан один адрес — **10.0.0.2** хосту **PC1-ngaforov**.

```

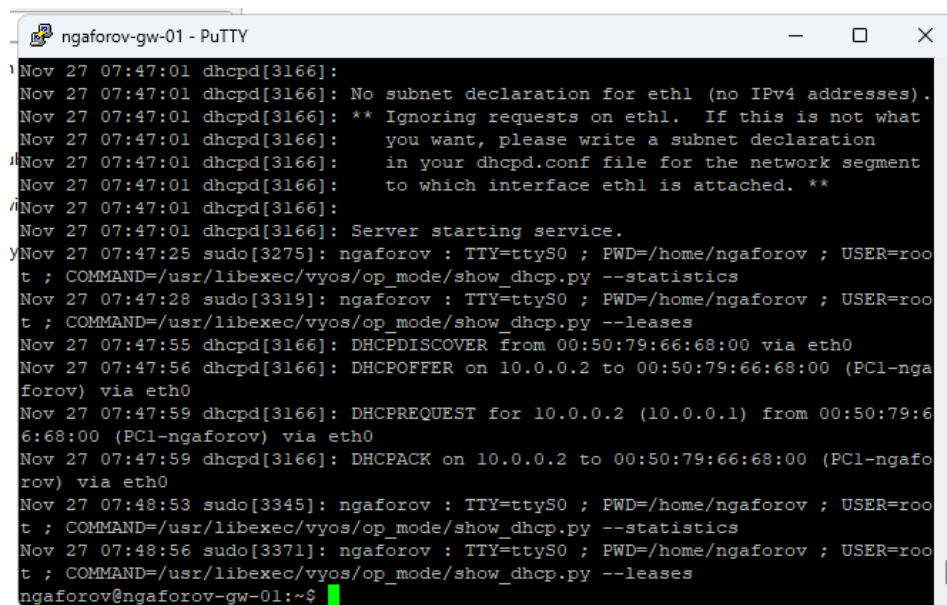
ngaforov@ngaforov-gw-01:~$
ngaforov@ngaforov-gw-01:~$ show dhcp server statistics
Pool      Size    Leases   Available  Usage
-----
ngaforov  252      1         251        0%
ngaforov@ngaforov-gw-01:~$ show dhcp server leases
IP address  Hardware address  State   Lease start      Lease expiration
Remaining   Pool              Hostname
-----
10.0.0.2    00:50:79:66:68:00 active   2025/11/27 07:47:59 2025/11/28 07:47:59
:59 23:59:02    ngaforov  PC1-ngaforov
ngaforov@ngaforov-gw-01:~$

```

Рис. 2.6: Статистика DHCP-сервера

## 2.7 Журнал работы DHCP

Просмотр журнала работы DHCP показал корректную обработку клиентского запроса: DISCOVER → OFFER → REQUEST → ACK. Все записи соответствуют последовательности выдачи адреса.



```
ngaforov-gw-01 - PuTTY
Nov 27 07:47:01 dhcpd[3166]:
Nov 27 07:47:01 dhcpd[3166]: No subnet declaration for eth1 (no IPv4 addresses).
Nov 27 07:47:01 dhcpd[3166]: ** Ignoring requests on eth1. If this is not what
Nov 27 07:47:01 dhcpd[3166]: you want, please write a subnet declaration
Nov 27 07:47:01 dhcpd[3166]: in your dhcpd.conf file for the network segment
Nov 27 07:47:01 dhcpd[3166]: to which interface eth1 is attached. **
Nov 27 07:47:01 dhcpd[3166]:
Nov 27 07:47:01 dhcpd[3166]: Server starting service.
Nov 27 07:47:25 sudo[3275]: ngaforov : TTY=ttyS0 ; PWD=/home/ngaforov ; USER=root ; COMMAND=/usr/libexec/vyos/op_mode/show_dhcp.py --statistics
Nov 27 07:47:28 sudo[3319]: ngaforov : TTY=ttyS0 ; PWD=/home/ngaforov ; USER=root ; COMMAND=/usr/libexec/vyos/op_mode/show_dhcp.py --leases
Nov 27 07:47:55 dhcpd[3166]: DHCPDISCOVER from 00:50:79:66:68:00 via eth0
Nov 27 07:47:56 dhcpd[3166]: DHCP OFFER on 10.0.0.2 to 00:50:79:66:68:00 (PC1-ngaforov) via eth0
Nov 27 07:47:59 dhcpd[3166]: DHCPREQUEST for 10.0.0.2 (10.0.0.1) from 00:50:79:66:68:00 (PC1-ngaforov) via eth0
Nov 27 07:47:59 dhcpd[3166]: DHCPACK on 10.0.0.2 to 00:50:79:66:68:00 (PC1-ngaforov) via eth0
Nov 27 07:48:53 sudo[3345]: ngaforov : TTY=ttyS0 ; PWD=/home/ngaforov ; USER=root ; COMMAND=/usr/libexec/vyos/op_mode/show_dhcp.py --statistics
Nov 27 07:48:56 sudo[3371]: ngaforov : TTY=ttyS0 ; PWD=/home/ngaforov ; USER=root ; COMMAND=/usr/libexec/vyos/op_mode/show_dhcp.py --leases
ngaforov@ngaforov-gw-01:~$
```

Рис. 2.7: Журнал DHCP

## 2.8 Анализ DHCP-трафика в Wireshark

В Wireshark зафиксированы основные пакеты DHCP, включая Offer и Ask, а также ARP-запросы клиента, подтверждающие отсутствие конфликта IP-адресов. Пакеты отображают полный процесс назначения IP-адреса клиенту.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	406	DHCP Discover - Transaction ID 0xe5be3432
2	0.012650	0c:1d:79:e3:00:00	Broadcast	ARP	60	Who has 10.0.0.2? Tell 10.0.0.1
3	1.001178	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	406	DHCP Discover - Transaction ID 0xe5be3432
4	1.015340	10.0.0.1	10.0.0.2	DHCP	342	DHCP Offer - Transaction ID 0xe5be3432
5	1.022136	0c:1d:79:e3:00:00	Broadcast	ARP	60	Who has 10.0.0.2? Tell 10.0.0.1
6	2.046447	0c:1d:79:e3:00:00	Broadcast	ARP	60	Who has 10.0.0.2? Tell 10.0.0.1
7	4.001630	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	406	DHCP Request - Transaction ID 0xe5be3432
8	4.009905	10.0.0.1	10.0.0.2	DHCP	342	DHCP ACK - Transaction ID 0xe5be3432
9	5.003412	Private_66:68:00	Broadcast	ARP	64	Gratuitous ARP for 10.0.0.2 (Request)
10	6.002919	Private_66:68:00	Broadcast	ARP	64	Gratuitous ARP for 10.0.0.2 (Request)
11	7.003664	Private_66:68:00	Broadcast	ARP	64	Gratuitous ARP for 10.0.0.2 (Request)
12	30.199600	Private_66:68:00	Broadcast	ARP	64	Who has 10.0.0.1? Tell 10.0.0.2
13	30.201011	0c:1d:79:e3:00:00	Private_66:68:00	ARP	60	10.0.0.1 is at 0c:1d:79:e3:00:00

> Frame 4: 342 bytes on wire (2736 bits), 342 bytes captured (2736 bits) on interface -, id 0 > Ethernet II, Src: 0c:1d:79:e3:00:00 (0c:1d:79:e3:00:00), Dst: Private_66:68:00 (00:50:79:66:68:00) > Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.1, Dst: 10.0.0.2 > User Datagram Protocol, Src Port: 67, Dst Port: 68 > Dynamic Host Configuration Protocol (Offer) Message type: Boot Reply (2) Hardware type: Ethernet (0x01) Hardware address length: 6 Hops: 0 Transaction ID: 0xe5be3432 Seconds elapsed: 0 > Bootp flags: 0x0000 (Unicast) Client IP address: 0.0.0.0 Your (client) IP address: 10.0.0.2 Next server IP address: 0.0.0.0 Relay agent IP address: 0.0.0.0 Client MAC address: Private_66:68:00 (00:50:79:66:68:00) Client hardware address padding: 00000000000000000000 Server host name not given Boot file name not given Magic cookie: DHCP > Option: (53) DHCP Message Type (Offer) > Option: (54) DHCP Server Identifier (10.0.0.1) > Option: (51) IP Address Lease Time > Option: (1) Subnet Mask (255.255.255.0) > Option: (3) Router > Option: (6) Domain Name Server > Option: (15) Domain Name > Option: (255) End Padding: 0000000000000000000000000000	0000 00 50 79 66 68 0010 01 48 00 00 00 0020 00 02 00 43 00 0030 34 32 00 00 00 0040 00 00 00 00 00 0050 00 00 00 00 00 0060 00 00 00 00 00 0070 00 00 00 00 00 0080 00 00 00 00 00 0090 00 00 00 00 00 00a0 00 00 00 00 00 00b0 00 00 00 00 00 00c0 00 00 00 00 00 00d0 00 00 00 00 00 00e0 00 00 00 00 00 00f0 00 00 00 00 00 0100 00 00 00 00 00 0110 00 00 00 00 00 0120 00 00 01 33 84 0130 04 0a 00 00 01 0140 66 6f 72 6f 76 0150 00 00 00 00 00
---	--

Рис. 2.8: DHCP-пакеты в Wireshark

## 2.9 Дополнение топологии и подготовка рабочей среды

В существующий проект GNS3 была добавлена расширенная топология, включающая дополнительные коммутаторы **ngaforov-sw-02**, **ngaforov-sw-03**, а также клиентский хост **PC2-ngaforov** на базе Kali Linux CLI, поскольку VPCS не поддерживает протокол DHCPv6. Все устройства были соединены в соответствии с требуемой схемой.

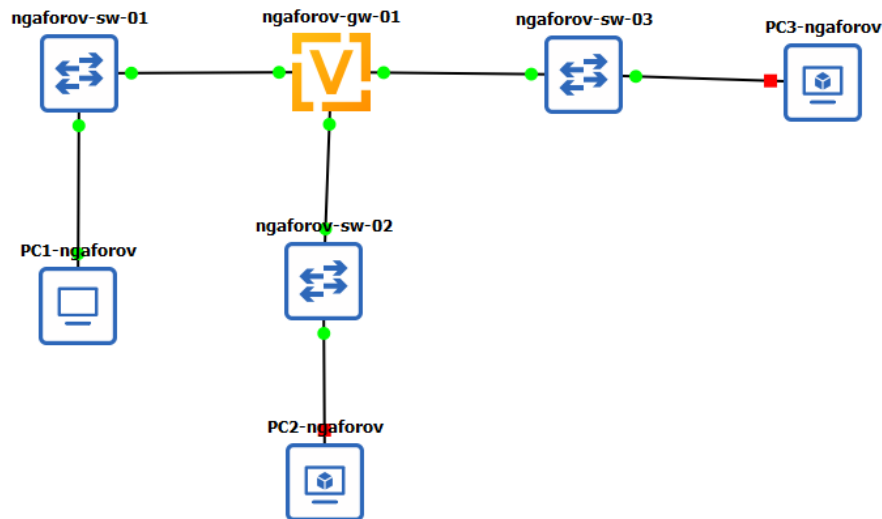


Рис. 2.9: Топология сети

Все устройства были переименованы в соответствии с правилами: - маршрутизатор: **ngaforov-gw-01**

- коммутаторы: **ngaforov-sw-01, ngaforov-sw-02, ngaforov-sw-03**

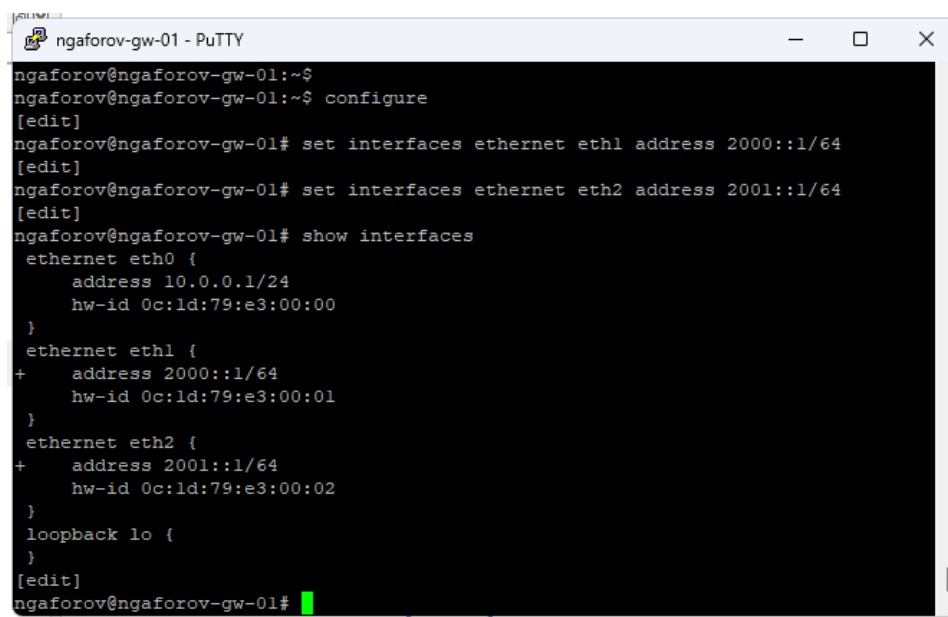
- клиенты: **PC1-ngaforov, PC2-ngaforov, PC3-ngaforov**

На соединениях между маршрутизатором и коммутаторами **sw-02** и **sw-03** был включён захват трафика.

## 2.10 Настройка IPv6-адресации на маршрутизаторе

Маршрутизатор **ngaforov-gw-01** переведён в режим конфигурирования, после чего интерфейсам были назначены IPv6-адреса:

- Интерфейс **eth1** — сеть **2000::/64**, адрес **2000::1/64**
- Интерфейс **eth2** — сеть **2001::/64**, адрес **2001::1/64**



```
ngaforov@ngaforov-gw-01:~$
ngaforov@ngaforov-gw-01:~$ configure
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 2000::1/64
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set interfaces ethernet eth2 address 2001::1/64
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# show interfaces
  ethernet eth0 {
    address 10.0.0.1/24
    hw-id 0c:1d:79:e3:00:00
  }
  ethernet eth1 {
+   address 2000::1/64
    hw-id 0c:1d:79:e3:00:01
  }
  ethernet eth2 {
+   address 2001::1/64
    hw-id 0c:1d:79:e3:00:02
  }
  loopback lo {
  }
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01#
```

Рис. 2.10: Настройка IPv6 интерфейсов

После проверки конфигурации с помощью `show interfaces` настройки были зафиксированы командами `commit` и `save`.

## 2.11 Настройка Router Advertisements и DHCPv6

### Stateless

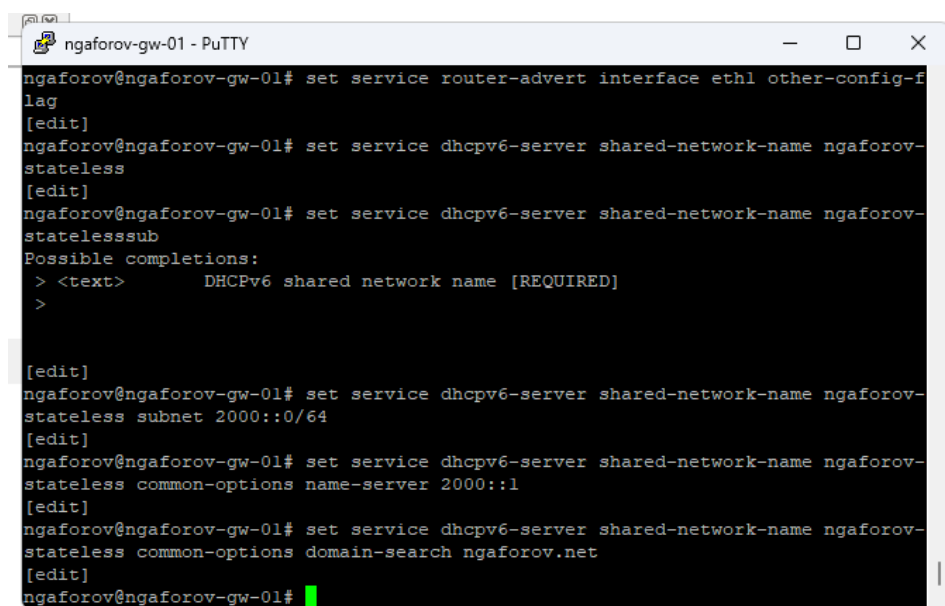
Для автоматического предоставления хостам IPv6-адресов по SLAAC, а также передачи вспомогательных параметров через DHCPv6 Stateless, выполнена настройка RA на интерфейсе **eth1**:

- Указан префикс **2000::/64**
- Включён флаг **other-config-flag**, указывающий, что неадресная информация будет передаваться через DHCPv6

Далее настроен DHCPv6-сервер в режиме Stateless:

- создана shared-network **ngaforov-stateless**

- задан домен **ngaforov.net**
- указан DNS-сервер **2000::1**



```

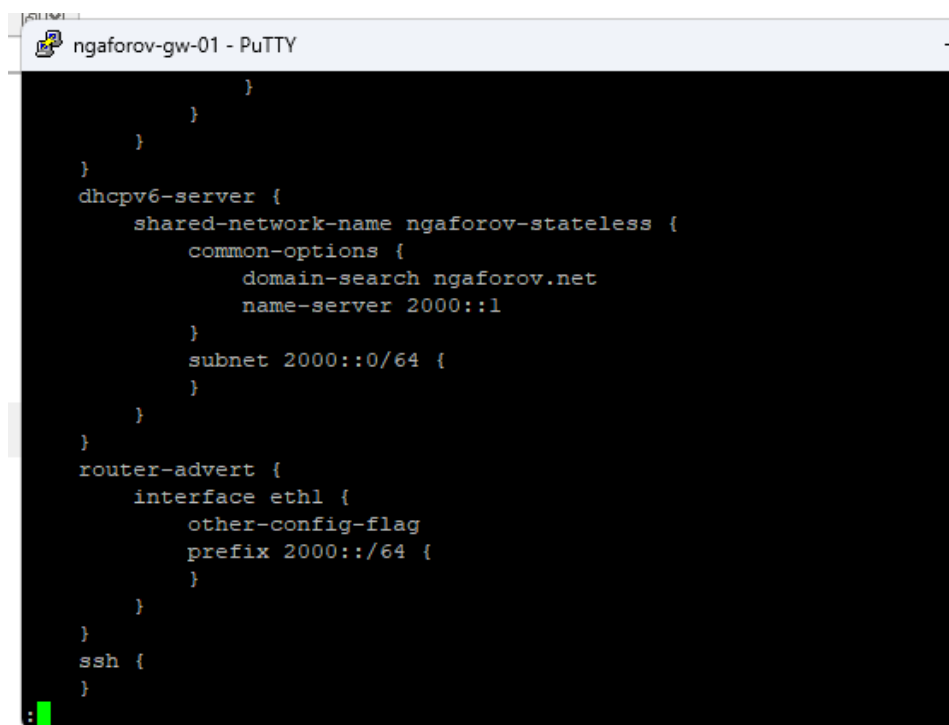
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service router-advert interface eth1 other-config-f
lag
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpv6-server shared-network-name ngaforov-
stateless
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpv6-server shared-network-name ngaforov-
statelesssub
Possible completions:
> <text>      DHCPv6 shared network name [REQUIRED]
>

[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpv6-server shared-network-name ngaforov-
stateless subnet 2000::0/64
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpv6-server shared-network-name ngaforov-
stateless common-options name-server 2000::1
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpv6-server shared-network-name ngaforov-
stateless common-options domain-search ngaforov.net
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01#

```

Рис. 2.11: Настройка DHCPv6 Stateless

Конфигурация сервиса отображена командой `run show configuration:`



```
    }
  }
}
dhcpv6-server {
  shared-network-name ngaforov-stateless {
    common-options {
      domain-search ngaforov.net
      name-server 2000::1
    }
    subnet 2000::0/64 {
    }
  }
}
router-advert {
  interface eth1 {
    other-config-flag
    prefix 2000::/64 {
    }
  }
}
ssh {
}
```

Рис. 2.12: Конфигурация DHCPv6 Stateless

## 2.12 Проверка IPv6-параметров на узле PC2

На хосте **PC2-ngaforov** после получения Router Advertisements команда `ifconfig` показала, что интерфейс `eth0` автоматически получил IPv6-адрес, сформированный по SLAAC.

Маршрутизация IPv6 также отображена корректно — присутствует маршрут по префиксу `2000::/64` и маршрут по умолчанию через `fe80::e1d:79ff:fee3:1`.



```
(kali@kali)-[~]
$ ifconfig eth0
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet6 2000::536c:94f6:e071:143e prefixlen 64 scopeid 0x0<global>
    inet6 fe80::8e8a:2fc9:dea3:987 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether 0c:0e:6b:d3:00:00 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 5 bytes 544 (544.0 B)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 24 bytes 3696 (3.6 KiB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

(kali@kali)-[~]
$ route -n -A inet6
Kernel IPv6 routing table
Destination          Next Hop          Flag Met Ref Use If
::1/128              ::                U    256 2   0 lo
2000::/64             ::                U    100 1   0 eth0
fe80::/64            ::                U    100 1   0 eth0
::/0                 fe80::e1d:79ff:fee3:1 UG   100 1   0 eth0
::1/128              ::                Un   0   4   0 lo
2000::536c:94f6:e071:143e/128 ::                Un   0   2   0 eth0
fe80::8e8a:2fc9:dea3:987/128 ::                Un   0   3   0 eth0
ff00::/8             ::                U    256 3   0 eth0
::/0                 ::                !n   -1  1   0 lo

(kali@kali)-[~]
$ ping 2000::1 -c 2
PING 2000::1(2000::1) 56 data bytes
64 bytes from 2000::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=2.55 ms
64 bytes from 2000::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=2.15 ms

--- 2000::1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1002ms
rtt min/avg/max/mdev = 2.145/2.345/2.545/0.200 ms

(kali@kali)-[~]
$ cat /etc/resolv.conf
# Generated by NetworkManager
search ngaforov.net
nameserver 2000::1

(kali@kali)-[~]
```

Рис. 2.13: Начальные IPv6 параметры на PC2

Проверка связи с маршрутизатором успешна

## 2.13 Проверка настроек DNS

Файл /etc/resolv.conf содержит параметры, переданные по DHCPv6-Stateless:

- домен: **ngaforov.net**
- DNS: **2000::1**

```
(kali@kali)-[~]
$ ifconfig eth0
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet6 2000::536c:94f6:e071:143e prefixlen 64 scopeid 0x0<global>
    inet6 fe80::8e8a:2fc9:dea3:987 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether 0c:0e:6b:d3:00:00 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 5 bytes 544 (544.0 B)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 24 bytes 3696 (3.6 KiB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

(kali@kali)-[~]
$ route -n -A inet6
Kernel IPv6 routing table
Destination          Next Hop             Flag Met Ref Use If
::1/128              ::                   U    256 2   0 lo
2000::/64             ::                   U    100 1   0 eth0
fe80::/64            ::                   U    100 1   0 eth0
::/0                 fe80::e1d:79ff:fee3:1 UG   100 1   0 eth0
::1/128              ::                   Un   0   4   0 lo
2000::536c:94f6:e071:143e/128 ::                   Un   0   2   0 eth0
fe80::8e8a:2fc9:dea3:987/128 ::                   Un   0   3   0 eth0
ff00::/8             ::                   U    256 3   0 eth0
::/0                 ::                   !n   -1  1   0 lo

(kali@kali)-[~]
$ ping 2000::1 -c 2
PING 2000::1(2000::1) 56 data bytes
64 bytes from 2000::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=2.55 ms
64 bytes from 2000::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=2.15 ms

--- 2000::1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1002ms
rtt min/avg/max/mdev = 2.145/2.345/2.545/0.200 ms

(kali@kali)-[~]
$ cat /etc/resolv.conf
# Generated by NetworkManager
search ngaforov.net
nameserver 2000::1

(kali@kali)-[~]
```

Рис. 2.14: Первичное содержимое resolv.conf

## 2.14 Запрос параметров через DHCPv6

Для получения параметров DHCPv6 выполнена команда: `dhclient -6 -S -v eth0`

Опции: - -6 — использование DHCPv6

- -S — запрос только информации, без выдачи адреса
- -v — детализированный вывод

Хост получил DHCPv6-параметры — доменное имя и DNS-сервер.

```
(kali㉿kali)-[~]
└─$ sudo dhclient -6 -S -v eth0
Internet Systems Consortium DHCP Client 4.4.1
Copyright 2004-2018 Internet Systems Consortium.
All rights reserved.
For info, please visit https://www.isc.org/software/dhcp/

Listening on Socket/eth0
Sending on Socket/eth0
Created duid "\000\003\000\001\014\016k\323\000\000".
PRC: Requesting information (INIT).
XMT: Forming Info-Request, 0 ms elapsed.
XMT: Info-Request on eth0, interval 910ms.
RCV: Reply message on eth0 from fe80::e1d:79ff:fee3:1.
PRC: Done.

(kali㉿kali)-[~]
└─$ ping 2000::1 -c 2
PING 2000::1(2000::1) 56 data bytes
64 bytes from 2000::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.45 ms
64 bytes from 2000::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=2.52 ms

--- 2000::1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1002ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.446/1.980/2.515/0.534 ms

(kali㉿kali)-[~]
└─$ cat /etc/resolv.conf
search ngaforov.net.
nameserver 2000::1
```

Рис. 2.15: Работа DHCPv6 клиента

После этого параметры DNS повторно подтверждены:

```
(kali㉿kali)-[~]
└─$ sudo dhclient -6 -S -v eth0
Internet Systems Consortium DHCP Client 4.4.1
Copyright 2004-2018 Internet Systems Consortium.
All rights reserved.
For info, please visit https://www.isc.org/software/dhcp/

Listening on Socket/eth0
Sending on Socket/eth0
Created duid "\000\003\000\001\014\016k\323\000\000".
PRC: Requesting information (INIT).
XMT: Forming Info-Request, 0 ms elapsed.
XMT: Info-Request on eth0, interval 910ms.
RCV: Reply message on eth0 from fe80::e1d:79ff:fee3:1.
PRC: Done.

(kali㉿kali)-[~]
└─$ ping 2000::1 -c 2
PING 2000::1(2000::1) 56 data bytes
64 bytes from 2000::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=1.45 ms
64 bytes from 2000::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=2.52 ms

--- 2000::1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1002ms
rtt min/avg/max/mdev = 1.446/1.980/2.515/0.534 ms

(kali㉿kali)-[~]
└─$ cat /etc/resolv.conf
search ngaforov.net.
nameserver 2000::1
```

Рис. 2.16: Обновлённый resolv.conf

## 2.15 Проверка статистики DHCPv6-сервера на маршрутизаторе

Команда `run show dhcpv6 server leases` вывела пустой список, что является нормальным для DHCPv6-Stateless — сервер не выдаёт адресов, а только параметры, поэтому таблица аренд остаётся пустой.

```
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# run show dhcpv6 server leases
IPv6 address      State      Last communication      Lease expiration      Remaining
Type      Pool      IAID_DUID
-----
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01#
```

Рис. 2.17: Статистика DHCPv6

## 2.16 Анализ DHCPv6-трафика в Wireshark

В захваченном трафике присутствуют пакеты: - **Router Advertisement** — объявление префикса 2000::/64

- **Neighbor Solicitation / Neighbor Advertisement** — часть работы IPv6 ND

- **DHCPv6 Information-request** — запрос с опциями:

- DNS Recursive Name Server

- Domain Search List

- Client FQDN

- Simple NTP Server

- **DHCPv6 Reply** — ответ DHCPv6-сервера с требуемыми параметрами

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	fe80::8e8a:2fc9:dea...	ff02::1:2	DHCPv6	98	Information-request XID: 0x58f3a5 CID: 000300010c0e6bd30000
2	0.001313	fe80::e1d:79ff:fee3...	fe80::8e8a:2fc9:dea...	DHCPv6	136	Reply XID: 0x58f3a5 CID: 000300010c0e6bd30000
3	5.099892	fe80::e1d:79ff:fee3...	fe80::8e8a:2fc9:dea...	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::8e8a:2fc9:dea3:987 from 0c:1d:79:e3:00:01
4	5.103254	fe80::8e8a:2fc9:dea...	fe80::e1d:79ff:fee3...	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement fe80::8e8a:2fc9:dea3:987 (sol)
5	7.346796	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	324	DHCP Discover - Transaction ID 0xa79a3758
6	8.904812	2000::536c:94f6:e07...	2000::1	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x0f25, seq=1, hop limit=64 (reply in 7)
7	8.905338	2000::1	2000::536c:94f6:e07...	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x0f25, seq=1, hop limit=64 (request in 6)
8	9.906856	2000::536c:94f6:e07...	2000::1	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x0f25, seq=2, hop limit=64 (reply in 9)
9	9.907584	2000::1	2000::536c:94f6:e07...	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x0f25, seq=2, hop limit=64 (request in 8)
10	10.203950	fe80::8e8a:2fc9:dea...	fe80::e1d:79ff:fee3...	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::e1d:79ff:fee3:1 from 0c:0e:6b:d3:00:00
11	10.204777	fe80::e1d:79ff:fee3...	fe80::8e8a:2fc9:dea...	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement fe80::e1d:79ff:fee3:1 (rtr, sol)
12	14.316283	fe80::e1d:79ff:fee3...	2000::536c:94f6:e07...	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for 2000::536c:94f6:e071:143e from 0c:1d:79:e3:00:01
13	14.317008	2000::536c:94f6:e07...	fe80::e1d:79ff:fee3...	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement 2000::536c:94f6:e071:143e (sol)

> Frame 1: 98 bytes on wire (784 bits), 98 bytes captured (784 bits) on interface -, id 0

> Ethernet II, Src: 0c:0e:6b:d3:00:00 (0c:0e:6b:d3:00:00), Dst: IPv6mcast\_01:00:02 (33:33:00:01:00:02)

> Internet Protocol Version 6, Src: fe80::8e8a:2fc9:dea3:987, Dst: ff02::1:2

> User Datagram Protocol, Src Port: 546, Dst Port: 547

▼ DHCPv6

Message type: Information-request (11)

Transaction ID: 0x58f3a5

▼ Client Identifier

Option: Client Identifier (1)

Length: 10

DUID: 000300010c0e6bd30000

DUID Type: link-layer address (3)

Hardware type: Ethernet (1)

Link-layer address: 0c:0e:6b:d3:00:00

Link-layer address (Ethernet): 0c:0e:6b:d3:00:00 (0c:0e:6b:d3:00:00)

▼ Option Request

Option: Option Request (6)

Length: 8

Requested Option code: DNS recursive name server (23)

Requested Option code: Domain Search List (24)

Requested Option code: Client Fully Qualified Domain Name (39)

Requested Option code: Simple Network Time Protocol Server (31)

▼ Elapsed time

Option: Elapsed time (8)

Length: 2

Elapsed time: 0ms

0000 33 33 00 01 00  
0010 df 3e 00 2c 11  
0020 2f c9 de a3 09  
0030 00 00 00 01 00  
0040 f3 a5 00 01 00  
0050 00 06 00 08 00  
0060 00 00

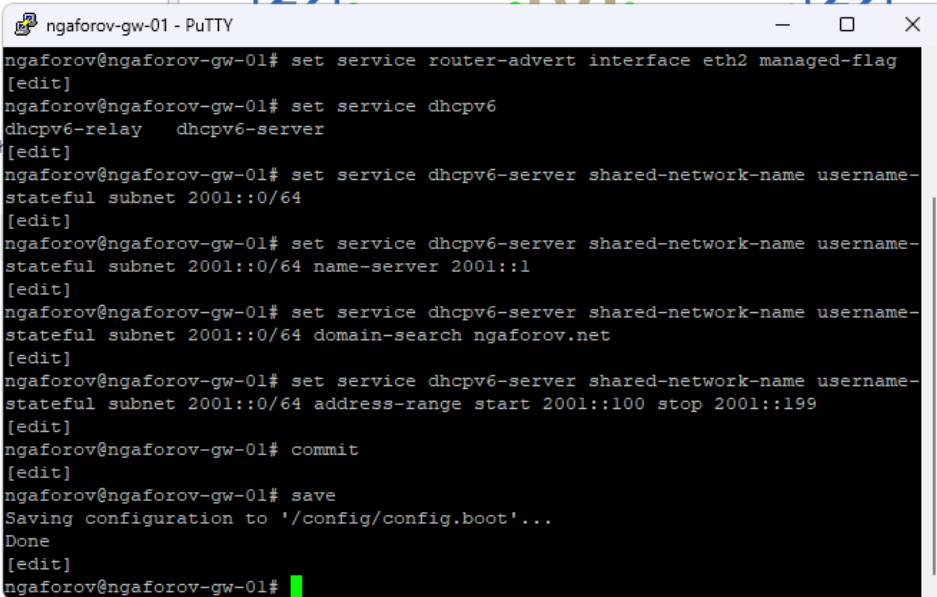
Рис. 2.18: DHCPv6 трафик в Wireshark

Пакеты соответствуют сценарию Stateless, при котором адрес формируется по SLAAC, а дополнительные настройки передаются через DHCPv6-сервер.

## 2.17 Настройка DHCPv6 Stateful на маршрутизаторе

Для реализации режима DHCPv6 Stateful на интерфейсе **eth2** маршрутизатора **ngaforov-gw-01** был активирован флаг **managed-flag**, информирующий клиентов о необходимости получения IPv6-адресов по DHCPv6.

Далее была создана разделяемая сеть **ngaforov-stateful**, настроен DNS-сервер, доменное имя и указан диапазон адресов **2001::100 – 2001::199**, который будет использоваться для выдачи адресов клиентам.



```
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service router-advert interface eth2 managed-flag
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpv6
dhcpv6-relay  dhcpv6-server
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpv6-server shared-network-name username-
stateful subnet 2001::0/64
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpv6-server shared-network-name username-
stateful subnet 2001::0/64 name-server 2001::1
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpv6-server shared-network-name username-
stateful subnet 2001::0/64 domain-search ngaforov.net
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# set service dhcpv6-server shared-network-name username-
stateful subnet 2001::0/64 address-range start 2001::100 stop 2001::199
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# commit
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01#
```

Рис. 2.19: Настройка DHCPv6 Stateful

Конфигурация сохранена командами **commit** и **save**.

## 2.18 Проверка начальных параметров на узле PC3

Перед запросом адреса по DHCPv6 были просмотрены текущие параметры интерфейса, таблица маршрутизации и содержимое файла **resolv.conf**.

На интерфейсе присутствовал SLAAC-адрес из сети **2001::/64**, полученный через RA, но отсутствовал адрес, выдаваемый DHCPv6.

```
(kali㉿kali)-[~]
$ ifconfig eth0
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet6 2001::199 prefixlen 128 scopeid 0<global>
    inet6 fe80::ffd2:fe52:907a:4316 prefixlen 64 scopeid 0<link>
    ether 0c:e8:b7:78:00:00 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 5 bytes 626 (626.0 B)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 23 bytes 3410 (3.3 KiB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

(kali㉿kali)-[~]
$ route -n -A inet6
Kernel IPv6 routing table
Destination          Next Hop              Flag Met Ref Use If
::1/128              ::                    U    256 2   0 lo
2001::199/128        ::                    U    100 1   0 eth0
fe80::/64            ::                    U    100 1   0 eth0
::/0                 fe80::e1d:79ff:fee3:2 UG   100 1   0 eth0
::1/128              ::                    Un   0   4   0 lo
2001::199/128        ::                    Un   0   2   0 eth0
fe80::ffd2:fe52:907a:4316/128 ::                    Un   0   3   0 eth0
ff00::/8             ::                    U    256 3   0 eth0
::/0                 ::                    !n   -1  1   0 lo

(kali㉿kali)-[~]
$ cat /etc/resolv.conf
# Generated by NetworkManager
search ngaforov.net
nameserver 2001::1

(kali㉿kali)-[~]
$
```

Рис. 2.20: Начальные параметры PC3

## 2.19 Получение IPv6-адреса по DHCPv6 Stateful

На клиенте **PC3-ngaforov** была выполнена команда: `dhclient -6 -v eth0`

Запрос прошёл полный процесс DORA-подобного обмена, адаптированного под DHCPv6:

- Forming Solicit
- Advertise message from сервер
- Request
- Reply с выдачей адреса из диапазона

```
(kali@kali) ~$ sudo dhclient -6 -v eth0
Internet Systems Consortium DHCP Client 4.4.1
Copyright 2004-2018 Internet Systems Consortium.
All rights reserved.
For info, please visit https://www.isc.org/software/dhcp/

Listening on Socket/eth0
Sending on Socket/eth0
Created duid "\000\001\000\0010\272\304\267\014\350\267x\000\000".
PRC: Soliciting for leases (INIT).
XMT: Forming Solicit, 0 ms elapsed.
XMT: X-- IA_NA b7:78:00:00
XMT: | X-- Request renew in +3600
XMT: | X-- Request rebind in +5400
XMT: Solicit on eth0, interval 1080ms.
RCV: Advertise message on eth0 from fe80::e1d:79ff:fee3:2.
RCV: X-- IA_NA b7:78:00:00
RCV: | X-- starts 1764231224
RCV: | X-- t1 - renew +0
RCV: | X-- t2 - rebind +0
RCV: | X-- [Options]
RCV: | X-- IAADDR 2001::198
RCV: | X-- Preferred lifetime 27000.
RCV: | X-- Max lifetime 43200.
RCV: X-- Server ID: 00:01:00:01:30:ba:c0:db:0c:1d:79:e3:00:01
RCV: Advertisement recorded.
PRC: Selecting best advertised lease.
PRC: Considering best lease.
PRC: X-- Initial candidate 00:01:00:01:30:ba:c0:db:0c:1d:79:e3:00:01 (s: 10105, p: 0).
XMT: Forming Request, 0 ms elapsed.
XMT: X-- IA_NA b7:78:00:00
XMT: | X-- Requested renew +3600
XMT: | X-- Requested rebind +5400
XMT: | X-- IAADDR 2001::198
XMT: | X-- Preferred lifetime +7200
XMT: | X-- Max lifetime +7500
XMT: V IA_NA appended.
XMT: Request on eth0, interval 1000ms.
RCV: Reply message on eth0 from fe80::e1d:79ff:fee3:2.
RCV: X-- IA_NA b7:78:00:00
RCV: | X-- starts 1764231224
RCV: | X-- t1 - renew +0
RCV: | X-- t2 - rebind +0
```

Рис. 2.21: Процесс DHCPv6 на PC3

Клиент получил адрес из диапазона DHCPv6 Stateful — **2001::198/128**.

## 2.20 Повторная проверка состояния интерфейса и маршрутизации

После получения адреса интерфейс получил новый non-temporary адрес, выданный DHCPv6. Таблица маршрутизации также обновилась.



```
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
    inet6 2001::198 prefixlen 128 scopeid 0x0<global>
    inet6 2001::199 prefixlen 128 scopeid 0x0<global>
    inet6 fe80::ffd2:fe52:907a:4316 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
    ether 0c:e8:b7:78:00:00 txqueuelen 1000 (Ethernet)
    RX packets 9 bytes 1158 (1.1 KiB)
    RX errors 0 dropped 0 overruns 0 frame 0
    TX packets 33 bytes 5174 (5.0 KiB)
    TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0

(kali@kali)-[~]
$ route -n -A inet6
Kernel IPv6 routing table
Destination                Next Hop                    Flag Met Ref Use If
::1/128                    ::                          U    256 2    0 lo
2001::198/128              ::                          U    256 1    0 eth0
2001::199/128              ::                          U    100 2    0 eth0
fe80::/64                  ::                          U    100 1    0 eth0
::/0                       fe80::e1d:79ff:fee3:2      UG   100 1    0 eth0
::1/128                    ::                          Un   0 4    0 lo
2001::198/128              ::                          Un   0 2    0 eth0
2001::199/128              ::                          Un   0 3    0 eth0
fe80::ffd2:fe52:907a:4316/128 ::                          Un   0 3    0 eth0
ff00::/8                   ::                          U    256 3    0 eth0
::/0                       !n -1 1    0 lo

(kali@kali)-[~]
$ ping 2001::1 -c 2
PING 2001::1(2001::1) 56 data bytes
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=1 ttl=64 time=2.06 ms
64 bytes from 2001::1: icmp_seq=2 ttl=64 time=3.26 ms

--- 2001::1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 received, 0% packet loss, time 1002ms
rtt min/avg/max/mdev = 2.056/2.656/3.256/0.600 ms

(kali@kali)-[~]
$ cat /etc/resolv.conf
search ngaforov.net.
nameserver 2001::1
```

Рис. 2.22: Интерфейс и маршрутизация после получения адреса

Проверка доступности маршрутизатора:

Оба пакета успешно доставлены.

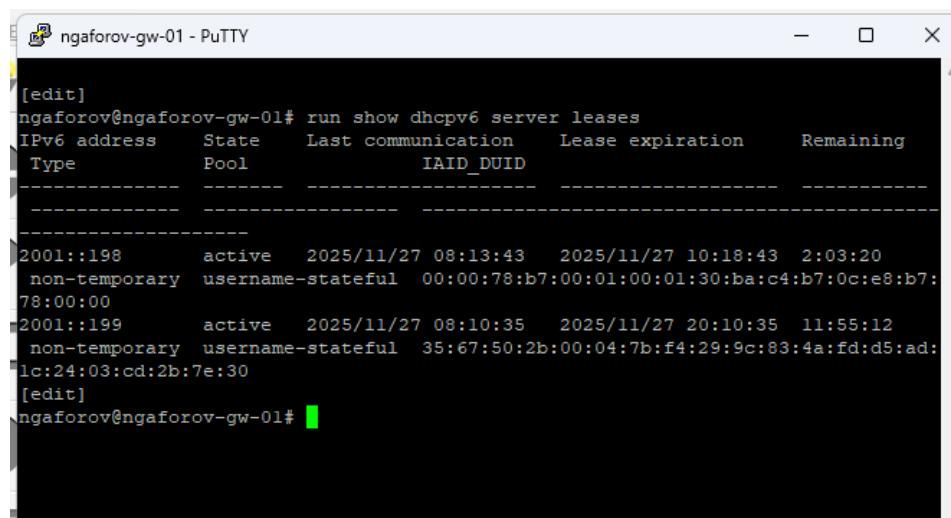
## 2.21 Просмотр таблицы аренд DHCPv6 на маршрутизаторе

Команда: `run show dhcpv6 server leases`

вывела два активных адреса:

- **2001::198**
- **2001::199**

- Каждая аренда содержит: - состояние — active
- срок аренды
  - IAID/DUID клиента



```
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01# run show dhcpv6 server leases
IPv6 address      State      Last communication  Lease expiration  Remaining
Type              Pool
-----
-----
2001::198          active    2025/11/27 08:13:43  2025/11/27 10:18:43  2:03:20
non-temporary     username-stateful  00:00:78:b7:00:01:00:01:30:ba:c4:b7:0c:e8:b7:78:00:00
2001::199          active    2025/11/27 08:10:35  2025/11/27 20:10:35  11:55:12
non-temporary     username-stateful  35:67:50:2b:00:04:7b:f4:29:9c:83:4a:fd:d5:ad:1c:24:03:cd:2b:7e:30
[edit]
ngaforov@ngaforov-gw-01#
```

Рис. 2.23: Аренды DHCPv6

Это подтверждает корректную работу DHCPv6 Stateful.

## 2.22 Анализ DHCPv6-трафика в Wireshark

В Wireshark были зафиксированы ключевые DHCPv6-пакеты:

- **Solicit** — клиент запрашивает сервер
- **Advertise** — сервер предлагает конфигурацию
- **Request** — клиент запрашивает конкретный адрес
- **Reply** — сервер подтверждает назначение

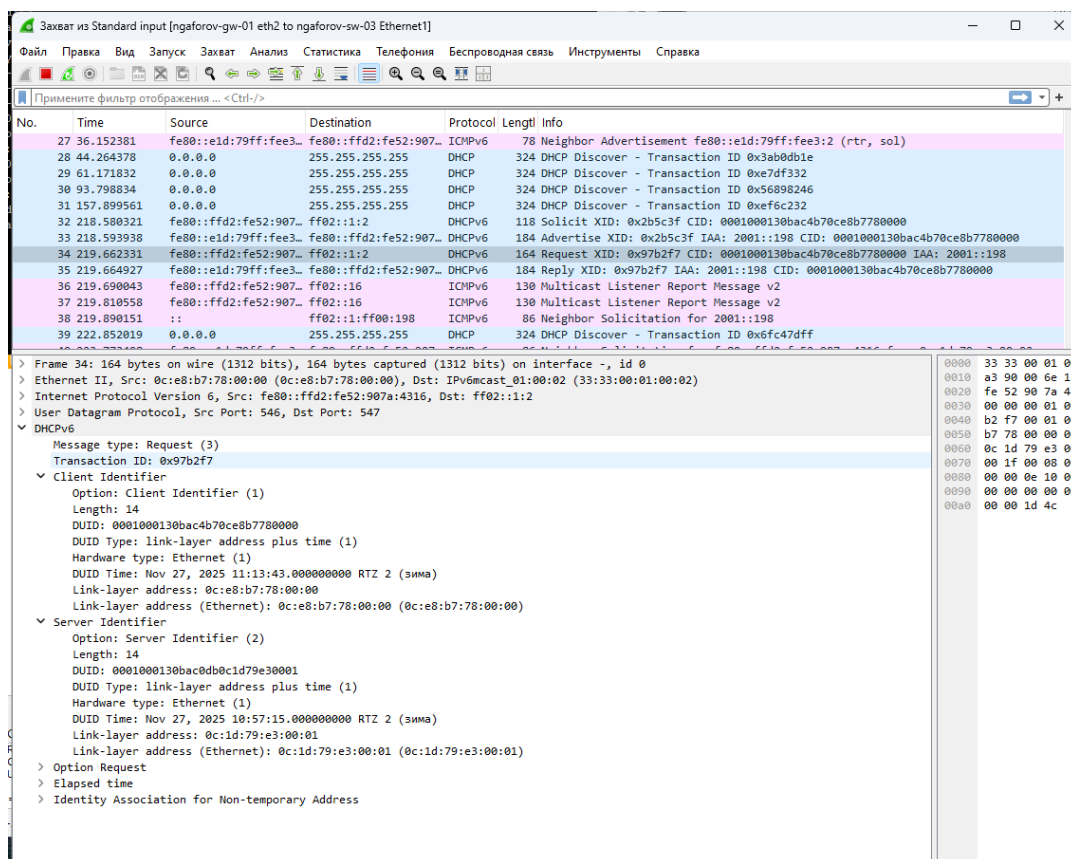


Рис. 2.24: Трафик DHCPv6 Stateful

Внутри пакетов видны обязательные поля:

- Client Identifier (DUID)
- Server Identifier (DUID)
- Requested non-temporary address (IA\_NA)
- Предпочтительное и максимальное время жизни адреса

## 3 Вывод

В ходе выполнения лабораторной работы была исследована работа протоколов автоматической настройки IPv6-адресов в среде **GNS3** на основе маршрутизатора **VyOS** и клиентских узлов на базе **Kali Linux**. В проекте были реализованы два механизма конфигурации — **Stateless DHCPv6** и **Stateful DHCPv6**, что позволило на практике изучить различия между ними и особенности применения каждого варианта.

В режиме **Stateless** клиент формировал IPv6-адрес самостоятельно с использованием **SLAAC**, а DHCPv6-сервер передавал только дополнительные параметры: доменное имя и адрес DNS-сервера. Анализ захваченного трафика подтвердил корректность работы RA-сообщений и обмена DHCPv6 Information-Request / Reply.

При настройке **Stateful DHCPv6** маршрутизатор полностью управлял назначением адресов клиентам. Клиентский узел получил IPv6-адрес из заранее определённого диапазона, что было подтверждено как выводом утилиты `dhclient`, так и отображением аренды в таблице DHCPv6-сервера. В трафике были зафиксированы сообщения Solicit, Advertise, Request и Reply, соответствующие стандартному циклу выделения IPv6-адреса по DHCPv6.

Полученные результаты подтверждают корректность функционирования механизмов SLAAC, RA и DHCPv6 в различных режимах, а также демонстрируют понимание процессов автоматизации сетевой конфигурации и взаимодействия сетевых протоколов в IPv6-среде.