

# **Отчёт по лабораторной работе №7**

**Адресация IPv4 и IPv6. Настройка DHCP**

Авдадаев Джамал Геланиевич

# **Содержание**

<b>1 Цель работы</b>	<b>5</b>
<b>2 Выполнение задания</b>	<b>6</b>
2.1 Настройка DHCP в случае IPv4 . . . . .	6
2.2 Настройка DHCP в случае IPv6 . . . . .	12
<b>3 Заключение</b>	<b>27</b>

# Список иллюстраций

2.1 Топология сети в GNS3 . . . . .	6
2.2 Базовая системная настройка VyOS . . . . .	7
2.3 Настройка адресации и DHCP-сервера на VyOS . . . . .	8
2.4 Получение параметров по DHCP на VPCS . . . . .	9
2.5 Проверка IPv4-параметров и ping маршрутизатора . . . . .	10
2.6 Статистика DHCP-сервера и активные аренды . . . . .	11
2.7 Журнал работы DHCP-сервера . . . . .	11
2.8 Захваченные DHCP-пакеты и их расшифровка в Wireshark . . . . .	12
2.9 Расширенная топология сети с поддержкой IPv6 . . . . .	13
2.10 Настройка IPv6-адресов на интерфейсах eth1 и eth2 . . . . .	14
2.11 Конфигурация Router Advertisement и DHCPv6 Stateless . . . . .	15
2.12 Конфигурация Router Advertisement и DHCPv6 Stateless . . . . .	16
2.13 IPv6-адресация и таблица маршрутизации на PC2 . . . . .	17
2.14 Проверка доступности маршрутизатора по IPv6 . . . . .	17
2.15 Получение DNS-настроек по DHCPv6 . . . . .	18
2.16 Список аренд DHCPv6 на маршрутизаторе . . . . .	19
2.17 Анализ В Wireshark . . . . .	20
2.18 Настройка DHCPv6 Stateful и Router Advertisement на eth2 . . . . .	21
2.19 Список выданных DHCPv6-адресов на маршрутизаторе . . . . .	22
2.20 Исходная IPv6-конфигурация узла PC3 . . . . .	23
2.21 Получение IPv6-адреса по DHCPv6 Stateful на PC3 . . . . .	24
2.22 Проверка маршрутизации, DNS и ping по IPv6 . . . . .	24
2.23 Анализ DHCPv6 Stateful в Wireshark . . . . .	25

# **Список таблиц**

# **1 Цель работы**

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

## 2 Выполнение задания

### 2.1 Настройка DHCP в случае IPv4

В соответствии с заданием были запущены GNS3 VM и клиент GNS3, после чего создан новый проект. В рабочем пространстве размещены маршрутизатор VyOS, коммутатор и оконечное устройство VPCS. Соединение выполнено согласно заданной топологии: PC1 → sw-01 → gw-01.

Имена устройств были изменены в соответствии с требованиями задания: - коммутатор – dgavdadaev-sw-01; - маршрутизатор – dgavdadaev-gw-01; - клиент – PC1-dgavdadaev.

Собранная топология представлена на рисунке 7.1.

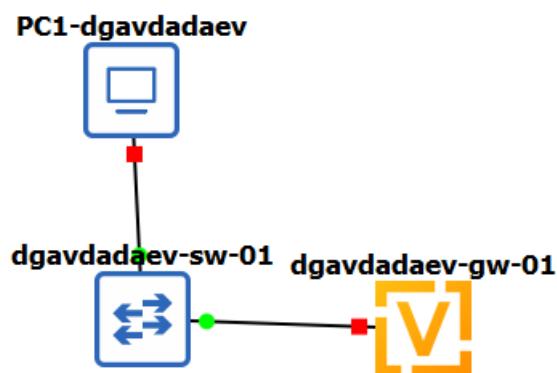
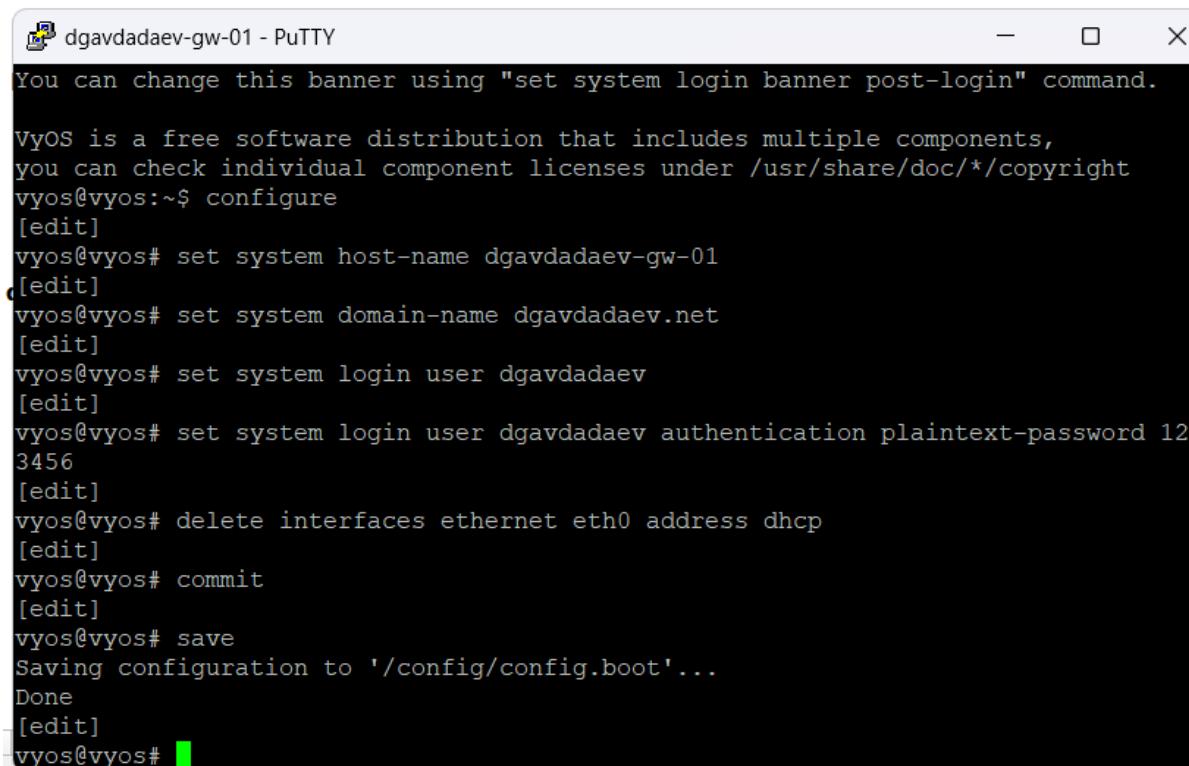


Рис. 2.1: Топология сети в GNS3

Для анализа работы протокола DHCP был включён захват трафика на соединении между коммутатором dgavdadaev-sw-01 и маршрутизатором dgavdadaev-gw-01. Захваченные пакеты в дальнейшем анализировались с использованием анализатора протоколов Wireshark.

После загрузки маршрутизатора выполнен вход в систему под стандартной учётной записью vyos. Далее маршрутизатор переведён в режим конфигурирования, где выполнена базовая системная настройка: - задано имя устройства dgavdadaev-gw-01; - задано доменное имя dgavdadaev.net; - создан новый пользователь dgavdadaev с заданным паролем; - отключено получение IP-адреса по DHCP на интерфейсе eth0; - выполнена фиксация и сохранение конфигурации.

Фрагмент выполненной конфигурации представлен на рисунке ниже.



```
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 dgavdadaev-gw-01
[edit]
vyos@vyos# set system domain-name dgavdadaev.net
[edit]
vyos@vyos# set system login user dgavdadaev
[edit]
vyos@vyos# set system login user dgavdadaev authentication plaintext-password 12
3456
[edit]
vyos@vyos# delete interfaces ethernet eth0 address dhcp
[edit]
vyos@vyos# commit
[edit]
vyos@vyos# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
vyos@vyos#
```

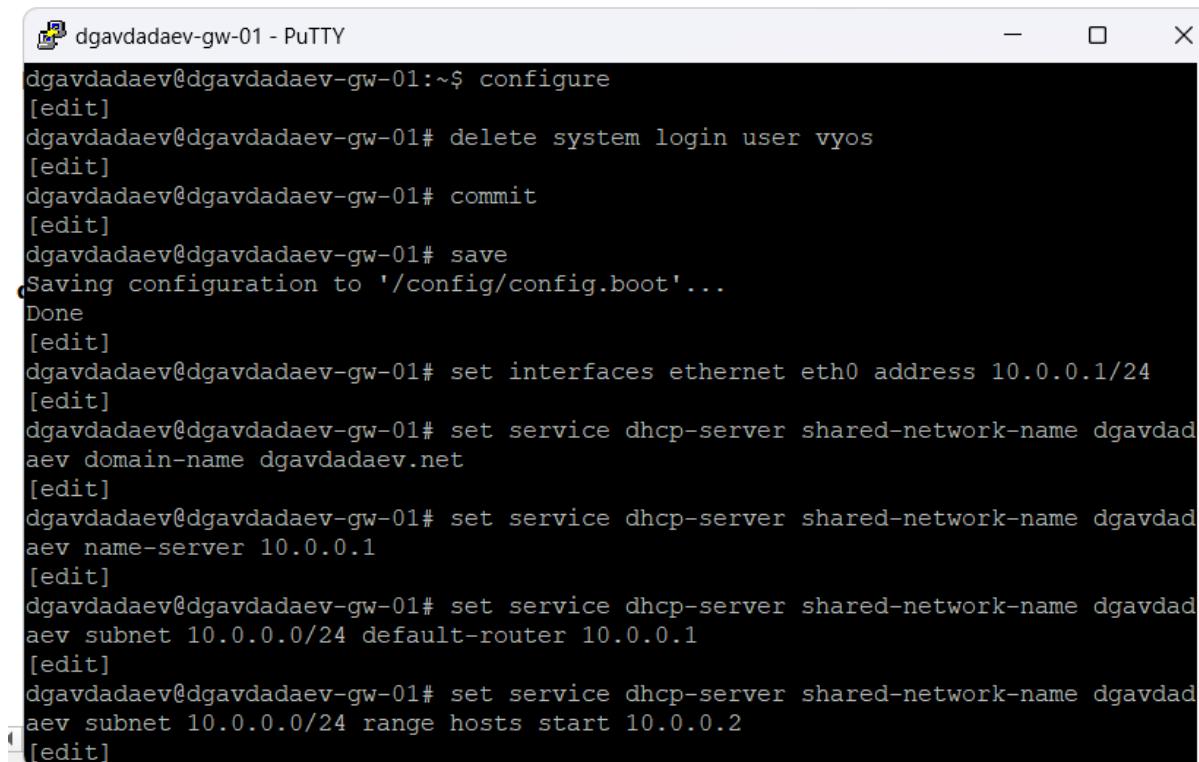
Рис. 2.2: Базовая системная настройка VyOS

После повторного входа в систему под созданным пользователем был удалён пользователь vyos, установленный по умолчанию. Конфигурация после измене-

ний сохранена.

На интерфейсе eth0 маршрутизатора настроен статический IPv4-адрес 10.0.0.1/24. Далее была выполнена настройка DHCP-сервера: - создана разделяемая сеть dgavdadaev; - задано доменное имя dgavdadaev.net; - задан DNS-сервер 10.0.0.1; - задан шлюз по умолчанию 10.0.0.1; - настроен диапазон выдаваемых адресов 10.0.0.2–10.0.0.253.

Данные настройки обеспечивают автоматическое распределение адресов узлам в подсети 10.0.0.0/24.



```
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01:~$ configure
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# delete system login user vyos
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# commit
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set interfaces ethernet eth0 address 10.0.0.1/24
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name dgavdadaev domain-name dgavdadaev.net
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name dgavdadaev name-server 10.0.0.1
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name dgavdadaev subnet 10.0.0.0/24 default-router 10.0.0.1
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set service dhcp-server shared-network-name dgavdadaev subnet 10.0.0.0/24 range hosts start 10.0.0.2
```

Рис. 2.3: Настройка адресации и DHCP-сервера на VyOS

На узле PC1-dgavdadaev выполнено получение сетевых параметров по DHCP с использованием режима декодирования. В результате клиенту был выдан IP-адрес 10.0.0.2/24.

Основные параметры, полученные клиентом: - IP-адрес: 10.0.0.2; - маска подсети: 255.255.255.0; - шлюз по умолчанию: 10.0.0.1; - DNS-сервер: 10.0.0.1; - доменное имя: dgavdadaev.net; - время аренды адреса: 86400 секунд (24 часа).

Тип DHCP-сообщения ACK подтверждает успешное завершение процедуры назначения адреса.

```
68:00
Option 12: Host Name = VPCS

nuOpcode: 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
huClient MAC Address: 00:50:79:66:68:00
swOption 53: Message Type = Ack
Option 54: DHCP Server = 10.0.0.1
:aOption 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 = dgavdadaev.net

IP 10.0.0.2/24 GW 10.0.0.1

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

VPCS>
```

Рис. 2.4: Получение параметров по DHCP на VPCS

После получения параметров выполнена проверка текущей конфигурации IPv4. Отображаемые данные подтверждают корректное получение адреса, шлюза и DNS-сервера. Дополнительно выполнена проверка доступности маршрутизатора, которая завершилась успешно, что свидетельствует о корректной работе сетевого взаимодействия.

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

VPCS> show ip
NAME      : VPCS[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 : dgavdadaev.net
MAC        : 00:50:79:66:68:00
LPORT      : 10010
RHOST:PORT : 127.0.0.1:10011
MTU        : 1500

VPCS> ping 10.0.0.1 -c 2
84 bytes from 10.0.0.1 icmp_seq=1 ttl=64 time=2.169 ms
84 bytes from 10.0.0.1 icmp_seq=2 ttl=64 time=1.793 ms

VPCS>
```

Рис. 2.5: Проверка IPv4-параметров и ping маршрутизатора

На маршрутизаторе выполнен просмотр статистики DHCP-сервера и списка выданных аренд. Из статистики следует, что из пула размером 252 адреса выдан один адрес, остальные остаются доступными.

В таблице аренд отображается активная запись для узла VPCS с IP-адресом 10.0.0.2 и соответствующим MAC-адресом. Также указано время начала и окончания аренды.

```

dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01:~$ show dhcp server statistics
Pool      Size   Leases   Available Usage
-----  -----
dgavdadaev  252       1      251  0%
dgavdadaev@dgavdadaev-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   2025/12/20 07:27:51  2025/12/21 07:27
:51 23:58:45  dgavdadaev  VPCS
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01:~$
```

Рис. 2.6: Статистика DHCP-сервера и активные аренды

В журнале работы DHCP-сервера зафиксированы все этапы процедуры назначения адреса: - запуск службы DHCP; - получение DHCPDISCOVER от клиента; - отправка DHCPOFFER; - получение DHCPREQUEST; - отправка DHCPACK.

Данные записи подтверждают корректную и последовательную работу DHCP-сервера.

```

Dec 20 07:26:53 dhcpd[3014]: 
Dec 20 07:26:53 dhcpd[3014]: Server starting service.
Dec 20 07:27:47 dhcpd[3014]: DHCPDISCOVER from 00:50:79:66:68:00 via eth0
Dec 20 07:27:48 dhcpd[3014]: DHCPOFFER on 10.0.0.2 to 00:50:79:66:68:00 (VPCS) v
ia eth0
Dec 20 07:27:51 dhcpd[3014]: DHCPREQUEST for 10.0.0.2 (10.0.0.1) from 00:50:79:6
6:68:00 (VPCS) via eth0
Dec 20 07:27:51 dhcpd[3014]: DHCPACK on 10.0.0.2 to 00:50:79:66:68:00 (VPCS) via
eth0
Dec 20 07:29:02 sudo[3107]: dgavdadaev : TTY=ttyS0 ; PWD=/home/dgavdadaev ; USER
=root ; COMMAND=/usr/libexec/vyos/op_mode/show_dhcp.py --statistics
Dec 20 07:29:05 sudo[3151]: dgavdadaev : TTY=ttyS0 ; PWD=/home/dgavdadaev ; USER
=root ; COMMAND=/usr/libexec/vyos/op_mode/show_dhcp.py --leases
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01:~$
```

Рис. 2.7: Журнал работы DHCP-сервера

В Wireshark проанализированы пакеты DHCP, захваченные между коммутатором и маршрутизатором. Зафиксирована стандартная последовательность обмена DORA (Discover, Offer, Request, ACK).

В деталях пакетов отображаются ключевые параметры: - идентификатор транзакции; - предлагаемый IP-адрес 10.0.0.2; - адрес DHCP-сервера 10.0.0.1; - маска подсети, шлюз, DNS-сервер; - доменное имя и время аренды.

Анализ подтверждает корректную реализацию протокола DHCP и успешное автоматическое назначение сетевых параметров клиенту.

dhcp					
No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length Info
2	11.103117	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	406 DHCP Discover - Transaction ID 0xc0fd3851
4	12.103385	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	406 DHCP Discover - Transaction ID 0xc0fd3851
5	12.127295	10.0.0.1	10.0.0.2	DHCP	342 DHCP Offer - Transaction ID 0xc0fd3851
8	15.104100	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	406 DHCP Request - Transaction ID 0xc0fd3851
9	15.119353	10.0.0.1	10.0.0.2	DHCP	342 DHCP ACK - Transaction ID 0xc0fd3851

```
[Stream index: 1]
[Stream Packet Number: 1]
> [Timestamps]
  UDP payload (300 bytes)
▼ Dynamic Host Configuration Protocol (Offer)
  Message type: Boot Reply (2)
  Hardware type: Ethernet (0x01)
  Hardware address length: 6
  Hops: 0
  Transaction ID: 0xc0fd3851
  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: 00000000000000000000
```

Рис. 2.8: Захваченные DHCP-пакеты и их расшифровка в Wireshark

## 2.2 Настройка DHCP в случае IPv6

В ранее созданном проекте GNS3 выполнено расширение сети в соответствии с заданной топологией. В рабочем пространстве дополнительно размещены два коммутатора и два оконечных узла, в том числе клиент **Kali Linux CLI**, поскольку VPCS не поддерживает протокол DHCPv6.

Имена устройств приведены в соответствие с требованиями задания: - маршрутизатор — dgavdadaev-gw-01; - коммутаторы — dgavdadaev-sw-01, dgavdadaev-sw-02, dgavdadaev-sw-03; - клиенты — PC1-dgavdadaev, PC2-dgavdadaev, PC3-dgavdadaev.

Итоговая топология сети представлена на рисунке ниже.

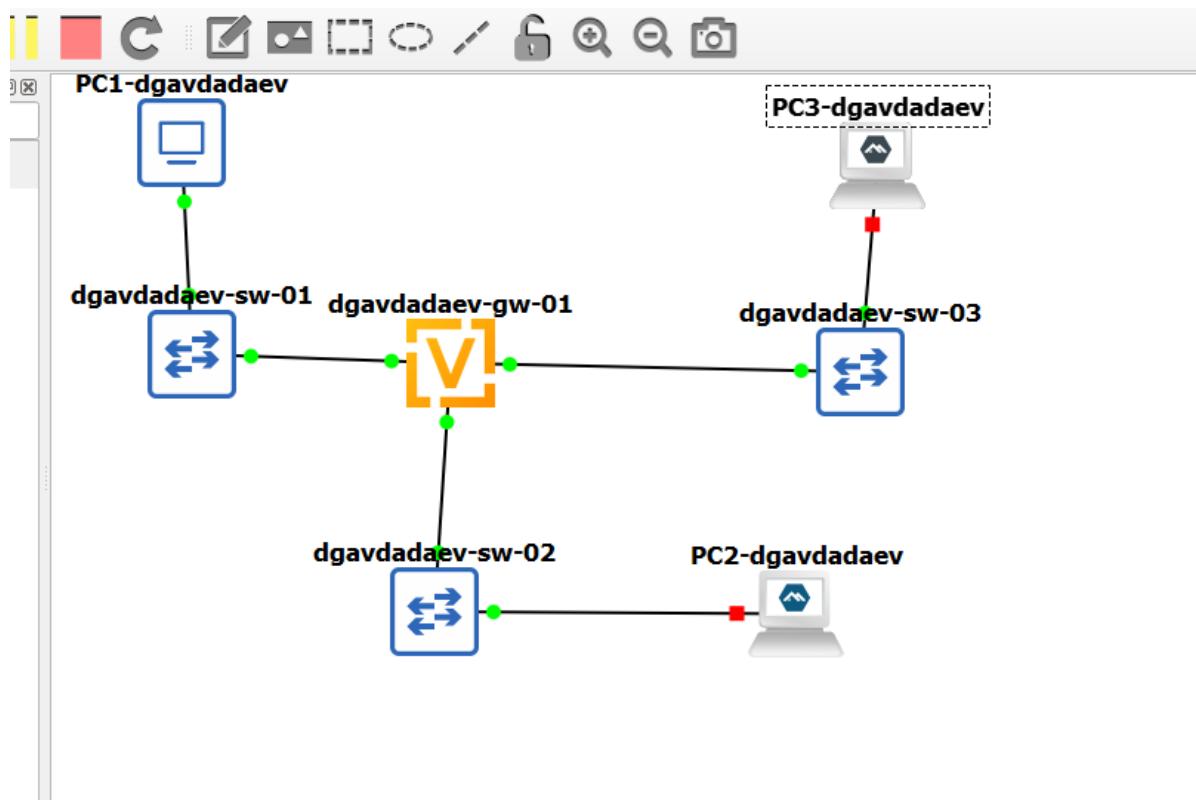


Рис. 2.9: Расширенная топология сети с поддержкой IPv6

Для анализа работы механизмов DHCPv6 и Router Advertisement был включён захват трафика на соединениях между маршрутизатором dgavdadaev-gw-01 и коммутаторами dgavdadaev-sw-02 и dgavdadaev-sw-03. Захваченный трафик в дальнейшем анализировался с использованием Wireshark.

На маршрутизаторе выполнен переход в режим конфигурирования и настроена IPv6-адресация интерфейсов: - интерфейсу eth1 назначен адрес 2000::1/64; - интерфейсу eth2 назначен адрес 2001::1/64.

Просмотр конфигурации интерфейсов подтвердил корректность назначения адресов. После этого изменения были зафиксированы и сохранены.

```
esdgavdadaev@dgavdadaev-gw-01:~$ configiure
      Invalid command: [configiure]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01:~$ con
  configure connect
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01:~$ configure
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set interfaces ethernet eth1 address 2000::1/64
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set interfaces ethernet eth2 address 2001::1/64
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# show interfaces
  ethernet eth0 {
    address 10.0.0.1/24
    hw-id 0c:6e:7f:a7:00:00
  }
  ethernet eth1 {
+    address 2000::1/64
    hw-id 0c:6e:7f:a7:00:01
  }
  ethernet eth2 {
+    address 2001::1/64
    hw-id 0c:6e:7f:a7:00:02
  }
  loopback lo {
  }
```

Рис. 2.10: Настройка IPv6-адресов на интерфейсах eth1 и eth2

Для реализации Stateless DHCPv6 выполнена настройка объявлений маршрутизатора (Router Advertisements) на интерфейсе eth1. Был объявлен префикс 2000::/64 и установлен флаг other-config-flag, указывающий клиентам на необходимость получения дополнительных параметров конфигурации через DHCPv6.

Далее настроен DHCPv6-сервер: - создана разделяемая сеть dgavdadaev-stateless; - указана подсеть 2000::/64; - заданы общие параметры (common-options), включающие DNS-сервер 2000::1 и доменное имя dgavdadaev.net.

Подсеть 2000::/64 используется исключительно для передачи параметров конфигурации, а не для выдачи IPv6-адресов, так как адреса формируются клиентами автоматически на основе Router Advertisement.

Конфигурация DHCPv6 и RA представлена на рисунке ниже.

```
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01#
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set service router-advert interface eth1 prefix 200
0::/64
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set service router-advert interface eth1 other-conf
ig-flag
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set service dhcipv6-server shared-network-name dgavd
adaev-stateless
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set service dhcipv6-server shared-network-name dgavd
adaev-stateless subnet 2000::0/64
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set service dhcipv6-server shared-network-name dgavd
adaev-stateless common-options name-server 2000::1
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set service dhcipv6-server shared-network-name dgavd
adaev-stateless common-options domain-search dgavdadaev.net
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# commit
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01#
```

Рис. 2.11: Конфигурация Router Advertisement и DHCPv6 Stateless

```
dgavdadaev-gw-01 - PuTTY
domain-name dgavdadaev.net
name-server 10.0.0.1
subnet 10.0.0.0/24 {
    default-router 10.0.0.1
    range hosts {
        start 10.0.0.2
        stop 10.0.0.253
    }
}
dhcpv6-server {
    shared-network-name dgavdadaev-stateless {
        common-options {
            domain-search dgavdadaev.net
            name-server 2000::1
        }
        subnet 2000::0/64 {
        }
    }
}
router-advert {
    interface eth1 {
        other-config-flag
        prefix 2000::/64 {
        }
    }
}
```

Рис. 2.12: Конфигурация Router Advertisement и DHCPv6 Stateless

На узле PC2-dgavdadaev (Kali Linux CLI) выполнена проверка сетевой конфигурации. В результате: - интерфейс eth0 получил глобальный IPv6-адрес из префикса 2000::/64; - также присутствует link-local адрес fe80::/64; - в таблице маршрутизации отображается маршрут по умолчанию через link-local адрес маршрутизатора, полученный из RA.

Вывод конфигурации и таблицы маршрутов представлен на рисунке ниже.

```
You can setup the system with the command: setup-alpine
You may change this message by editing /etc/motd.

alpine:~# ip address
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN qlen 1000
    link/loopback brd 00:00:00:00:00:00
    inet 127.0.0.1/8 scope host lo
        valid_lft forever preferred_lft forever
R    inet6 ::1/128 scope host
        valid_lft forever preferred_lft forever
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP qlen 1000
    link/ether 0c:27:3d:56:00:00 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet6 2000::e27:3dff:fe56:0/64 scope global dynamic flags 100
        valid_lft 2591984sec preferred_lft 14384sec
    inet6 fe80::e27:3dff:fe56:0/64 scope link
        valid_lft forever preferred_lft forever
alpine:~# ip -6 route show
2000::/64 dev eth0 metric 256 expires 0sec
fe80::/64 dev eth0 metric 256
default via fe80::e6e:7fff:fea7:1 dev eth0 metric 1024 expires 0sec
multicast ff00::/8 dev eth0 metric 256
alpine:~#
```

Рис. 2.13: IPv6-адресация и таблица маршрутизации на PC2

С узла PC2 выполнена проверка доступности маршрутизатора путём отправки ICMPv6 Echo Request на адрес 2000::1. Ответы получены успешно, что подтверждает корректную работу IPv6-адресации и механизмов Router Advertisement.

```
alpine:~#
alpine:~# ping 2000::1 -c 2
PING 2000::1 (2000::1): 56 data bytes
64 bytes from 2000::1: seq=0 ttl=64 time=3.052 ms
64 bytes from 2000::1: seq=1 ttl=64 time=1.964 ms

--- 2000::1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 1.964/2.508/3.052 ms
alpine:~# cat /etc/resolv.conf
nameserver 10.0.2.3
alpine:~#
```

Рис. 2.14: Проверка доступности маршрутизатора по IPv6

До получения параметров DHCPv6 в файле /etc/resolv.conf на узле PC2 отсутствовали DNS-серверы, полученные по IPv6, либо использовались параметры по

умолчанию.

После запуска DHCPv6-клиента в режиме запроса только дополнительной информации (Stateless) узел получил DNS-сервер, заданный на маршрутизаторе. Это подтверждает корректную работу DHCPv6 Stateless для передачи неадресных параметров.

```
alpine:~# udhcpc6 -i eth0
udhcpc6: started, v1.36.1
wiudhcpc6: sending discover
udhcpc6: sending select
udhcpc6: no IAADDR option, ignoring packet
etudhcpc6: sending select
udhcpc6: sending select
etudhcpc6: sending select
Rudhcpc6: sending select
udhcpc failed to get a DHCP lease

udhcpc6: sending discover
udhcpc6: sending select
udhcpc6: no IAADDR option, ignoring packet
udhcpc6: sending select
udhcpc6: sending select
udhcpc6: sending select
^C
alpine:~# ping 2000::1 -c 2
PING 2000::1 (2000::1): 56 data bytes
64 bytes from 2000::1: seq=0 ttl=64 time=1.808 ms
64 bytes from 2000::1: seq=1 ttl=64 time=2.377 ms

--- 2000::1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 1.808/2.092/2.377 ms
alpine:~# cat /etc/resolv.conf
3 vnameserver 10.0.2.3
20alpine:~#
INS Doctor to detect common issues.
```

Рис. 2.15: Получение DNS-настроек по DHCPv6

На узле PC2 выполнен запрос DHCPv6 с параметрами: - использование DHCPv6; - запрос только параметров конфигурации, без выдачи адреса; - вывод подробной информации о процессе обмена.

В процессе обмена зафиксировано, что сервер не выдаёт IPv6-адрес (отсутствует IAADDR), что соответствует Stateless-режиму работы. При этом параметры DNS и доменного имени были успешно получены.

Несмотря на сообщения о невозможности получения адреса, IPv6-связность сохраняется, так как адрес был назначен ранее через SLAAC.

После завершения DHCPv6-обмена повторно выполнена проверка доступности маршрутизатора и просмотр файла `/etc/resolv.conf`. Связность по IPv6 сохраняется, а DNS-настройки корректно применены.

На маршрутизаторе выполнен просмотр выданных аренд DHCPv6. В выводе отсутствуют записи о выданных IPv6-адресах, что соответствует Stateless-режиму работы сервера, при котором адреса не распределяются и не учитываются в таблице аренд.

```
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# run show dhcpv6 server leases
IPv6 address      State    Last communication      Lease expiration      Remaining
Type     Pool      IAID_DUID
-----  -----
-----  -----
[edit]
\on dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01#
\ls3 management console.
```

Рис. 2.16: Список аренд DHCPv6 на маршрутизаторе

В Wireshark проанализированы захваченные пакеты DHCPv6 и ICMPv6. Зафиксирована следующая последовательность: - обмен ICMPv6 Neighbor Solicitation и Neighbor Advertisement; - получение Router Advertisement с префиксом 2000::/64; - отправка DHCPv6 Solicit и Request от клиента; - получение DHCPv6 Reply с параметрами common-options; - отсутствие IAADDR в ответах DHCPv6, что подтверждает Stateless-конфигурацию; - ICMPv6 сообщения Destination Unreachable (Port unreachable), возникающие после завершения DHCPv6-обмена и не влияющие на корректность работы сети.

Анализ подтверждает, что IPv6-адрес назначается клиенту с помощью SLAAC, а DHCPv6 используется исключительно для передачи дополнительных параметров конфигурации, таких как DNS-сервер и доменное имя.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
22	66.651887	fe80::e6e:7fff:fea7...	fe80::e27:3dff:fe56...	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement fe80::e6e:7fff:fea7:1 (rtr, so)
23	71.881880	fe80::e6e:7fff:fea7...	fe80::e27:3dff:fe56...	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::e27:3dff:fe56:0 from
24	71.882695	fe80::e27:3dff:fe56...	fe80::e6e:7fff:fea7...	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement fe80::e27:3dff:fe56:0 (sol)
25	90.640951	fe80::e27:3dff:fe56...	ff02::1:2	DHCPv6	116	Solicit XID: 0x6d9a22 [ROOT-ONLY DOMAIN NAME]CID: 000300010c273d560000
26	90.651281	fe80::e6e:7fff:fea7...	[fe80::e27:3dff:fe56...]	DHCPv6	162	Advertise XID: 0x6d9a22 CID: 000300010c273d560000
27	90.651973	fe80::e27:3dff:fe56...	fe80::e6e:7fff:fea7...	ICMPv6	210	Destination Unreachable (Port unreachable)
28	90.760398	fe80::e27:3dff:fe56...	ff02::1:2	DHCPv6	134	Request XID: 0x6d9a22 [ROOT-ONLY DOMAIN NAME]CID: 000300010c273d560000
29	90.764693	fe80::e6e:7fff:fea7...	fe80::e27:3dff:fe56...	DHCPv6	162	Reply XID: 0x6d9a22 CID: 000300010c273d560000
30	90.766209	fe80::e27:3dff:fe56...	fe80::e6e:7fff:fea7...	ICMPv6	210	Destination Unreachable (Port unreachable)
31	93.850864	fe80::e27:3dff:fe56...	ff02::1:2	DHCPv6	182	Request XID: 0x6d9a22 [ROOT-ONLY DOMAIN NAME]CID: 000300010c273d560000
32	93.852489	fe80::e6e:7fff:fea7...	fe80::e27:3dff:fe56...	DHCPv6	162	Reply XID: 0x6d9a22 CID: 000300010c273d560000
33	93.853109	fe80::e27:3dff:fe56...	fe80::e6e:7fff:fea7...	ICMPv6	210	Destination Unreachable (Port unreachable)
34	96.910394	fe80::e27:3dff:fe56...	ff02::1:2	DHCPv6	182	Request XID: 0x6d9a22 [ROOT-ONLY DOMAIN NAME]CID: 000300010c273d560000
35	96.912111	fe80::e6e:7fff:fea7...	fe80::e27:3dff:fe56...	DHCPv6	162	Reply XID: 0x6d9a22 CID: 000300010c273d560000
36	96.912441	fe80::e27:3dff:fe56...	fe80::e6e:7fff:fea7...	ICMPv6	210	Destination Unreachable (Port unreachable)

Status Code: NoAddrAvail (2)  
 Status Message: No addresses available for this interface.

- Client Identifier
  - Option: Client Identifier (1)
  - Length: 10
  - DUID: 000300010c273d560000
  - DUID Type: link-layer address (3)
  - Hardware type: Ethernet (1)
  - Link-layer address: 0c:27:3d:56:00:00
  - Link-layer address (Ethernet): 0c:27:3d:56:00:00 (0c:27:3d:56:00:00)
- Server Identifier
  - Option: Server Identifier (2)
  - Length: 14
  - DUID: 0001000130d90ec50c6e7fa70001
  - DUID Type: link-layer address plus time (1)
  - Hardware type: Ethernet (1)
  - DUID Time: Dec 26, 2025 10:37:41.000000000 RTZ 2 (зима)
  - Link-layer address: 0c:6e:7f:a7:00:01

Рис. 2.17: Анализ В Wireshark

На интерфейсе eth2 настроены объявления маршрутизатора (Router Advertisements) с установкой флага managed-flag. Данный флаг указывает хостам на необходимость использования DHCPv6 в режиме с отслеживанием состояния для получения IPv6-адреса, а не только дополнительных параметров конфигурации.

Далее на маршрутизаторе была добавлена конфигурация DHCPv6-сервера: - создана разделяемая сеть dgavdadaev-stateful; - задана подсеть 2001::/64; - настроен диапазон выдаваемых IPv6-адресов 2001::100 – 2001::199; - задан DNS-сервер 2001::1; - задано доменное имя dgavdadaev.net.

Таким образом, DHCPv6-сервер в данном сегменте выполняет полноценное распределение IPv6-адресов и ведёт учёт выданных аренд.

Конфигурация DHCPv6 Stateful на маршрутизаторе представлена на рисунке ниже.

```
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01#
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set service router-advert interface eth2 managed-fl
ag
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set service dhcpcv6-server shared-network-name dgavd
adaev-stateful
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set service dhcpcv6-server shared-network-name dgavd
adaev-stateful subnet 2001::0/64
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set service dhcpcv6-server shared-network-name dgavd
adaev-stateful subnet 2001::0/64 name-server 2001::1
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set service dhcpcv6-server shared-network-name dgavd
adaev-stateful subnet 2001::0/64 domain-search dgavdadaev.net
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# set service dhcpcv6-server shared-network-name dgavd
adaev-stateful subnet 2001::0/64 address-range start 2001::100 stop 2001::199
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# commit
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# save
Saving configuration to '/config/config.boot'...
Done
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01#
```

Рис. 2.18: Настройка DHCPv6 Stateful и Router Advertisement на eth2

После применения конфигурации выполнен просмотр информации о выданных адресах DHCPv6. В таблице аренд отображается активная запись, что подтверждает корректную работу DHCPv6-сервера в режиме с отслеживанием состояния.

В выводе указаны: - выданный IPv6-адрес из диапазона 2001::100–2001::199; - состояние аренды (active); - время последнего взаимодействия клиента с сервером; - время окончания аренды; - идентификаторы клиента (IAID и DUID).

Данные о выданных арендах представлены на рисунке ниже.

```
You can setup the system with the command: setup-alpine
You may change this message by editing /etc/motd.

alpine:~# ip address
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN qlen 1000
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
    inet 127.0.0.1/8 scope host lo
        valid_lft forever preferred_lft forever
    inet6 ::1/128 scope host
        valid_lft forever preferred_lft forever
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP qlen 1000
    link/ether 0c:21:2d:29:00:00 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
    inet6 fe80::e21:2dff:fe29:0/64 scope link
        valid_lft forever preferred_lft forever
alpine:~# ip -6 route show
fe80::/64 dev eth0 metric 256
default via fe80::e6e:7fff:fea7:2 dev eth0 metric 1024 expires 0sec
multicast ff00::/8 dev eth0 metric 256
alpine:~# cat /etc/resolv.conf
nameserver 10.0.2.3
alpine:~#
```

Рис. 2.19: Список выданных DHCPv6-адресов на маршрутизаторе

На узле PC3-dgavdadaev (Kali Linux CLI) выполнена проверка сетевой конфигурации до получения адреса по DHCPv6. На интерфейсе eth0 присутствовал только link-local IPv6-адрес fe80::/64, а в таблице маршрутизации отображался маршрут по умолчанию через link-local адрес маршрутизатора, полученный из Router Advertisement.

Настройки DNS на данном этапе отсутствовали либо использовались значения по умолчанию.

```
alpine:~# udhcpc6 -i eth0
ubudhcpc6: started, v1.36.1
udhcpc6: sending discover
vitudhcpc6: sending select
ayudhcpc6: IPv6 obtained, lease time 43200
alpine:~# ip address
1: lo: <LOOPBACK,UP,LOWER_UP> mtu 65536 qdisc noqueue state UNKNOWN qlen 1000
    link/loopback 00:00:00:00:00:00 brd 00:00:00:00:00:00
        inet 127.0.0.1/8 scope host lo
            valid_lft forever preferred_lft forever
        inet6 ::1/128 scope host
            valid_lft forever preferred_lft forever
2: eth0: <BROADCAST,MULTICAST,UP,LOWER_UP> mtu 1500 qdisc pfifo_fast state UP qlen 1000
    link/ether 0c:21:2d:29:00:00 brd ff:ff:ff:ff:ff:ff
        inet6 fe80::e21:2dff:fe29:0/64 scope link
            valid_lft forever preferred_lft forever
alpine:~#
```

Рис. 2.20: Исходная IPv6-конфигурация узла PC3

На узле PC3 выполнен запрос DHCPv6 в режиме Stateful. В процессе обмена узел успешно получил IPv6-адрес из настроенного диапазона 2001::100–2001::199.

После завершения процедуры: - интерфейсу eth0 был назначен глобальный IPv6-адрес из подсети 2001::/64; - маршрут по умолчанию сохранён через маршрутизатор dgavdadaev-gw-01; - DNS-сервер и доменное имя были получены по DHCPv6.

Процесс получения адреса и итоговая конфигурация представлены на рисунке ниже.

```

alpine:~# ip -6 route show
fe80::/64 dev eth0 metric 256
default via fe80::e6e:7fff:fea7:2 dev eth0 metric 1024 expires 0sec
multicast ff00::/8 dev eth0 metric 256
alpine:~# cat /etc/resolv.conf
search dgavdadaev.net
nameserver 2001:0000:0000:0000:0000:0000:0001
alpine:~# ping 2001::1 -c 2
PING 2001::1 (2001::1): 56 data bytes
64 bytes from 2001::1: seq=0 ttl=64 time=1.402 ms
64 bytes from 2001::1: seq=1 ttl=64 time=3.708 ms

--- 2001::1 ping statistics ---
2 packets transmitted, 2 packets received, 0% packet loss
round-trip min/avg/max = 1.402/2.555/3.708 ms
alpine:~#

```

Рис. 2.21: Получение IPv6-адреса по DHCPv6 Stateful на PC3

После завершения DHCPv6-обмена выполнена повторная проверка сетевой конфигурации узла PC3: - таблица маршрутизации содержит маршрут по умолчанию; - DNS-настройки корректно применены; - выполнена успешная проверка доступности маршрутизатора по IPv6 путём отправки ICMPv6 Echo Request на адрес 2001::1.

Результаты проверки подтверждают корректную работу DHCPv6 Stateful и IPv6-маршрутизации.

```

dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# run show dhcpv6 server leases
IPv6 address      State    Last communication      Lease expiration      Remaining
Type      Pool      IAID_DUID
p-----[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# run show dhcpv6 server leases
IPv6 address      State    Last communication      Lease expiration      Remaining
Type      Pool      IAID_DUID
-----[edit]
2001::199      active   2025/12/20 07:47:10   2025/12/20 19:47:10  11:59:02
non-temporary  dgavdadaev-stateful  05:6e:f2:a9:00:03:00:01:0c:21:2d:29:00:00
[edit]
dgavdadaev@dgavdadaev-gw-01# 

```

Рис. 2.22: Проверка маршрутизации, DNS и ping по IPv6

В Wireshark проанализированы пакеты DHCPv6, захваченные на соединении

между маршрутизатором и сегментом сети РСЗ. Зафиксирована стандартная последовательность обмена DHCPv6 Stateful: - Solicit – запрос клиента на получение IPv6-адреса; - Advertise – предложение адреса сервером; - Request – подтверждение выбора адреса клиентом; - Reply – окончательное назначение IPv6-адреса и передача параметров конфигурации.

В деталях пакетов DHCPv6 Reply присутствует IA\_NA (Identity Association for Non-temporary Address), что подтверждает выдачу IPv6-адреса сервером. Также в ответе содержатся параметры DNS и идентификатор сервера (DUID).

Дополнительно наблюдаются ICMPv6-сообщения Destination Unreachable (Port unreachable), которые возникают после завершения DHCPv6-обмена и не влияют на корректность функционирования сети.

Фрагмент анализа трафика представлен на рисунке ниже.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	fe80::e21:2dff:fe29... ff02::1:2		DHCPv6	116	Solicit XID: 0x266d1e [ROOT-ONLY DOMAIN NAME] CID: 000
2	0.002259	fe80::e6e:7fff:fea7... fe80::e21:2dff:fe29...		DHCPv6	182	Advertise XID: 0x266d1e IAA: 2001::198 CID: 000300010c
3	0.004220	fe80::e21:2dff:fe29...	fe80::e6e:7fff:fea7...	ICMPv6	230	Destination Unreachable (Port unreachable)
4	0.119415	fe80::e21:2dff:fe29... ff02::1:2		DHCPv6	134	Request XID: 0x266d1e [ROOT-ONLY DOMAIN NAME] CID: 000
5	0.120812	fe80::e6e:7fff:fea7...	fe80::e21:2dff:fe29...	DHCPv6	182	Reply XID: 0x266d1e IAA: 2001::193 CID: 000300010c212d
6	0.121169	fe80::e21:2dff:fe29...	fe80::e6e:7fff:fea7...	ICMPv6	230	Destination Unreachable (Port unreachable)
7	5.125024	fe80::e6e:7fff:fea7...	fe80::e21:2dff:fe29...	ICMPv6	86	Neighbor Solicitation for fe80::e21:2dff:fe29:0 from 0
8	5.125945	fe80::e21:2dff:fe29...	fe80::e6e:7fff:fea7...	ICMPv6	78	Neighbor Advertisement fe80::e21:2dff:fe29:0 (sol)
9	6.560167	fe80::e21:2dff:fe29...	2001::1	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x06cf, seq=0, hop limit=64 (req)
10	6.561032	2001::1	fe80::e21:2dff:fe29...	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x06cf, seq=0, hop limit=64 (requ)
11	7.561271	fe80::e21:2dff:fe29...	2001::1	ICMPv6	118	Echo (ping) request id=0x06cf, seq=1, hop limit=64 (req)
12	7.562949	2001::1	fe80::e21:2dff:fe29...	ICMPv6	118	Echo (ping) reply id=0x06cf, seq=1, hop limit=64 (requ)

Рис. 2.23: Анализ DHCPv6 Stateful в Wireshark

В ходе выполнения задания подтверждено, что при использовании DHCPv6 Stateful: - IPv6-адреса назначаются централизованно DHCPv6-сервером; - сервер ведёт учёт активных аренд; - клиенты получают как адреса, так и дополнительные параметры конфигурации; - механизм Router Advertisement используется для указания клиентам способа автоконфигурации.

## **3 Заключение**

В ходе лабораторной работы была изучена и практически реализована настройка адресации IPv4 и IPv6 в среде моделирования GNS3 с использованием маршрутизатора VyOS. Была построена и расширена сетевая топология, выполнена базовая настройка сетевых устройств и организована автоматическая выдача сетевых параметров клиентам.

В рамках работы настроен DHCP-сервер для IPv4, а также реализованы два варианта конфигурации DHCPv6: без отслеживания состояния (Stateless) и с отслеживанием состояния (Stateful). На практике продемонстрированы различия между механизмами SLAAC, DHCPv6 Stateless и DHCPv6 Stateful, а также их совместное использование с Router Advertisement.

Проведён анализ работы протоколов DHCP и DHCPv6 с использованием захвата трафика в Wireshark, что позволило наглядно проследить последовательность обмена сообщениями и подтверждать корректность выдачи адресов и параметров конфигурации.

Полученные результаты подтверждают корректную работу настроенных сервисов и демонстрируют основные принципы автоматической конфигурации сетевых параметров в сетях IPv4 и IPv6.