Лабораторная работа №8

Адресация IPv4 и IPv6. Настройка маршрутизации

Авдадаев Джамал Геланиевич

04 февраля 2026

Цель работы

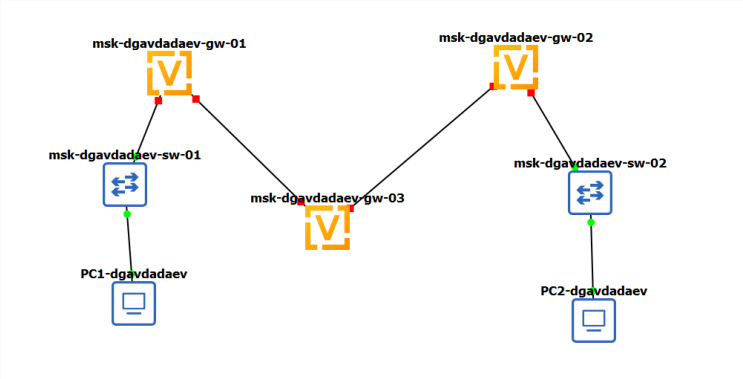
Основная цель

Изучение принципов маршрутизации в IPv4- и IPv6-сетях и практическая настройка сетевого оборудования в среде моделирования **GNS3**.

Ход выполнения работы

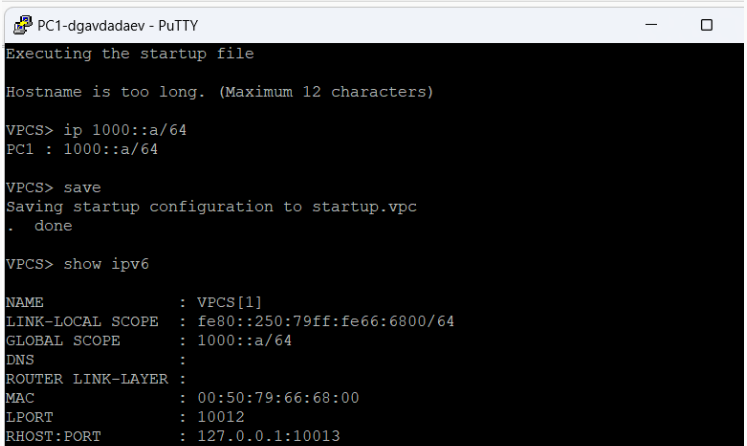
Топология IPv6–IPv4

- Построена сеть в GNS3:
  - 3 маршрутизатора VyOS
  - 2 коммутатора Ethernet
  - 2 оконечных устройства VPCS
- Подключён анализатор трафика между gw-01 и gw-03



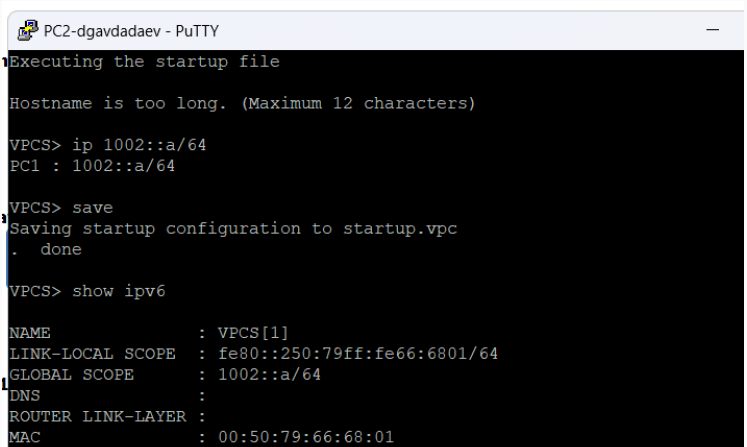
Настройка IPv6 на PC1

- Назначен адрес: `1000::a/64`
- Конфигурация сохранена (`save`)
- Проверка параметров (`show ipv6`)



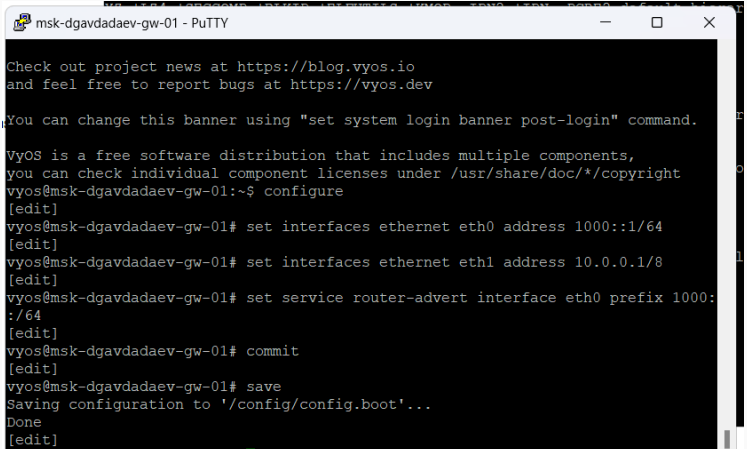
Настройка IPv6 на PC2

- Назначен адрес: `1002::a/64`
- Конфигурация сохранена (`save`)
- Проверка параметров (`show ipv6`)



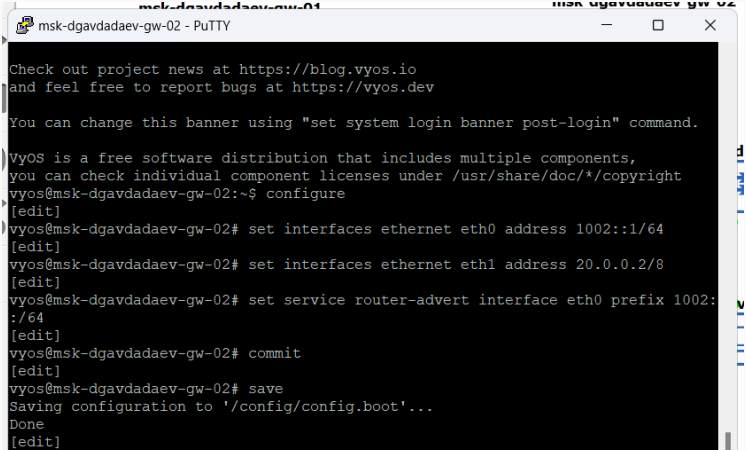
Настройка VyOS gw-01

- `eth0`: IPv6 `1000::1/64` (LAN)
- `eth1`: IPv4 `10.0.0.1/8` (к gw-03)
- Включён Router Advertisement для `1000::/64`



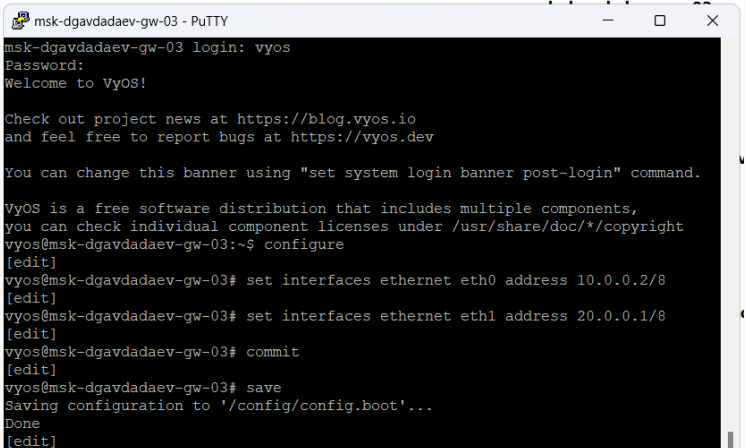
Настройка VyOS gw-02

- `eth0`: IPv6 `1002::1/64` (LAN)
- `eth1`: IPv4 `20.0.0.2/8` (к gw-03)
- Включён Router Advertisement для `1002::/64`



Настройка VyOS gw-03

- Транзитный IPv4-узел
- `eth0`: `10.0.0.2/8`
- `eth1`: `20.0.0.1/8`



Проверка RA и шлюза по умолчанию

- На VPCS отображаются link-local адреса маршрутизаторов
- Подтверждена работа Router Advertisement

Рис. 7: Проверка IPv6 на PC1

Проверка IPv4 до маршрутизации

- Успешный ping: `10.0.0.2`
- Ошибка *Network is unreachable* для `20.0.0.1` и `20.0.0.2`
- Причина: нет маршрутов к `20.0.0.0/8`

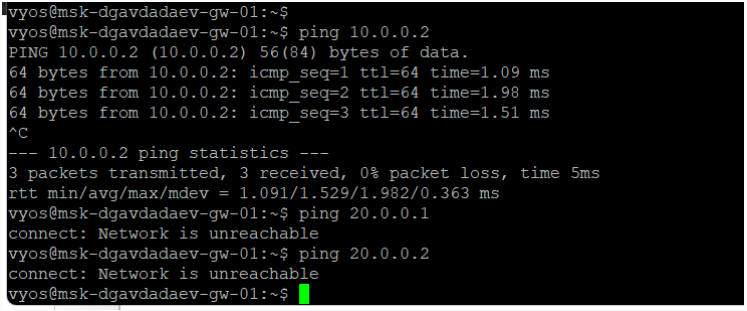
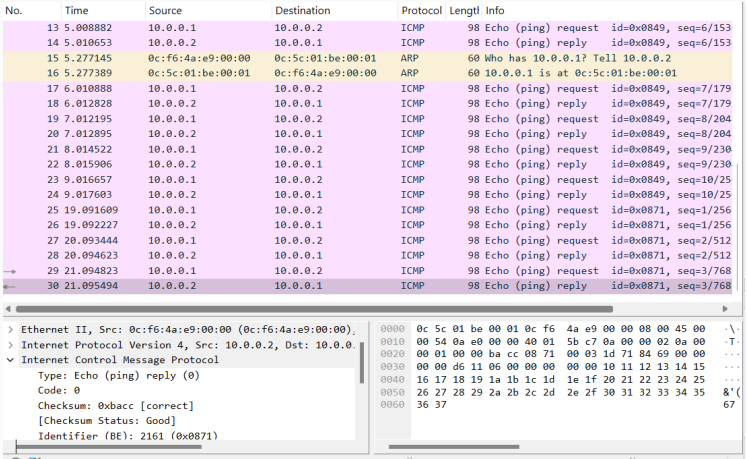


Рис. 9: Проверка ping с gw-01

Анализ ICMP и ARP

- Зафиксированы:
  - ICMP Echo Request / Reply
  - ARP-запросы и ответы



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
13	5.008882	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x0849, seq=6/153
14	5.010653	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x0849, seq=6/153
15	5.277145	0c:f6:4a:e9:00:00	0c:5c:01:be:00:01	ARP	60	Who has 10.0.0.1? Tell 10.0.0.2
16	5.277389	0c:5c:01:be:00:01	0c:f6:4a:e9:00:00	ARP	60	10.0.0.1 is at 0c:5c:01:be:00:01
17	6.010888	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x0849, seq=7/179
18	6.012828	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x0849, seq=7/179
19	7.012195	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x0849, seq=8/204
20	7.012895	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x0849, seq=8/204
21	8.014522	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x0849, seq=9/230
22	8.015906	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x0849, seq=9/230
23	9.016657	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x0849, seq=10/25
24	9.017603	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x0849, seq=10/25
25	19.091609	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x0871, seq=1/256
26	19.092227	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x0871, seq=1/256
27	20.093444	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x0871, seq=2/512
28	20.094623	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x0871, seq=2/512
29	21.094823	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x0871, seq=3/768
30	21.095494	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x0871, seq=3/768

```
> Ethernet II, Src: 0c:f6:4a:e9:00:00 (0c:f6:4a:e9:00:00),
> Internet Protocol Version 4, Src: 10.0.0.2, Dst: 10.0.0.
v Internet Control Message Protocol
    Type: Echo (ping) reply (0)
    Code: 0
    Checksum: 0xbacc [correct]
    [Checksum Status: Good]
    Identifier (BE): 2161 (0x0871)
```

```
0000  0c 5c 01 be 00 01 0c f6  4a e9 00 00 08 00 45 00   ·\·····  J·····E·
0010  00 54 0a e0 00 00 40 01  5b c7 0a 00 00 02 0a 00   ·T····@· [·······
0020  00 01 00 00 ba cc 08 71  00 03 1d 71 84 69 00 00   ·······q ···q·i··
0030  00 00 d6 11 06 00 00 00  00 00 10 11 12 13 14 15   ········ ········
0040  16 17 18 19 1a 1b 1c 1d  1e 1f 20 21 22 23 24 25   ········ ···!"#$%
0050  26 27 28 29 2a 2b 2c 2d  2e 2f 30 31 32 33 34 35   &'()*+,- ./012345
0060  36 37                                             67
```

Настройка RIP на gw-01

- Добавлена сеть: `10.0.0.0/8`
- Конфигурация применена и сохранена

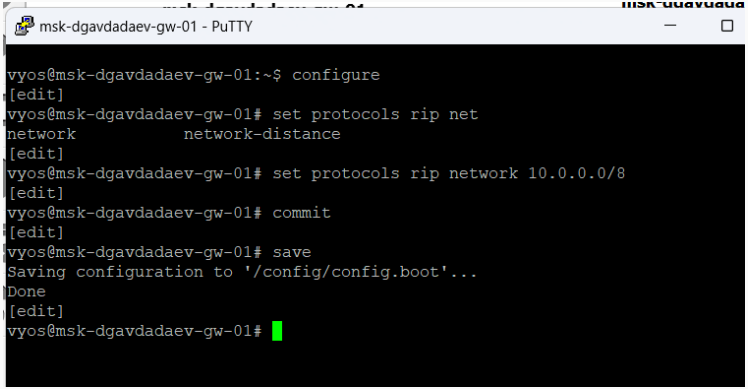


Рис. 11: Настройка RIP на msk-dgavdadaev-gw-01

Настройка RIP на gw-02

- Добавлена сеть: `20.0.0.0/8`
- Конфигурация применена и сохранена

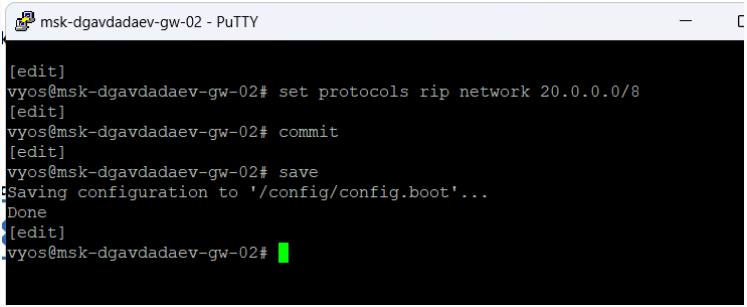


Рис. 12: Настройка RIP на msk-dgavdadaev-gw-02

Настройка RIP на gw-03

- Участие сразу в двух сетях:
  - 10.0.0.0/8
  - 20.0.0.0/8

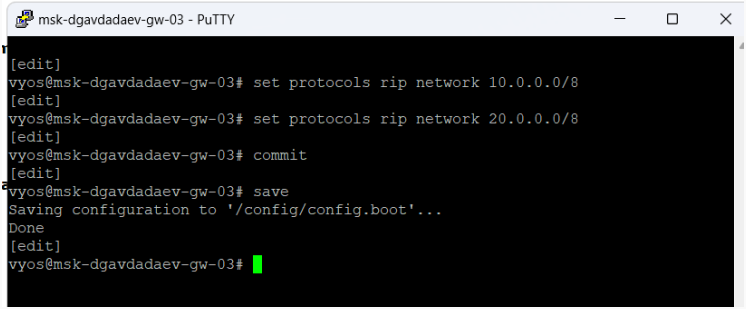
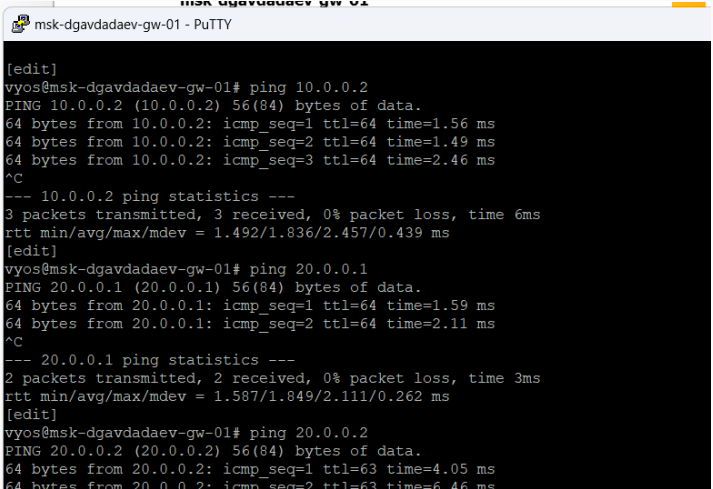


Рис. 13: Настройка RIP на msk-dgavdadaev-gw-03

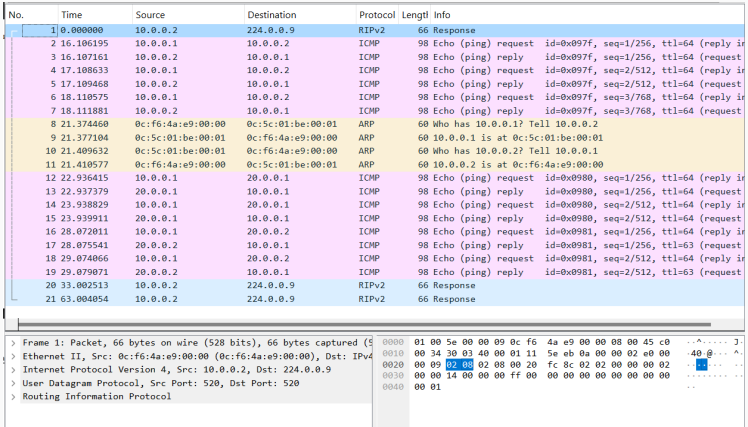
Проверка IPv4 после RIP

- Узлы `20.0.0.1` и `20.0.0.2` стали доступны
- Подтверждена корректная динамическая маршрутизация



Анализ RIP и ICMP трафика

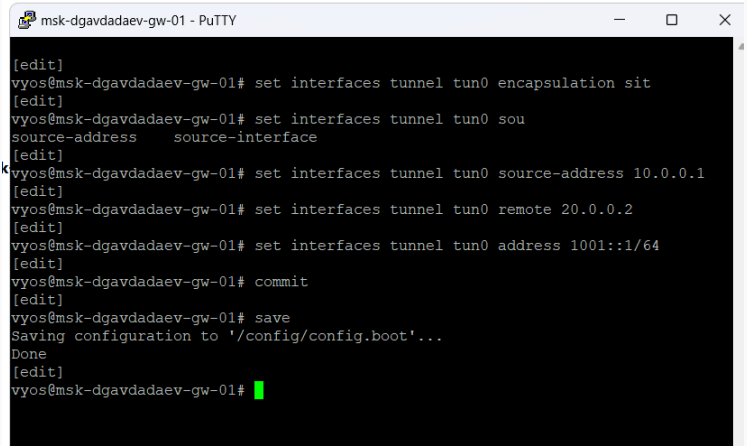
- В трафике наблюдаются:
  - RIPv2 на `224.0.0.9`
  - ICMP Echo Request / Reply
  - ARP



No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	10.0.0.2	224.0.0.9	RIPv2	66	Response
2	16.106195	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x097f, seq=1/256, ttl=64 (reply in
3	16.107161	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x097f, seq=1/256, ttl=64 (request
4	17.108633	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x097f, seq=2/512, ttl=64 (reply in
5	17.109468	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x097f, seq=2/512, ttl=64 (request
6	18.110575	10.0.0.1	10.0.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x097f, seq=3/768, ttl=64 (reply in
7	18.111881	10.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x097f, seq=3/768, ttl=64 (request
8	21.374460	0c:f6:4a:e9:00:00	0c:5c:01:be:00:01	ARP	60	Who has 10.0.0.1? Tell 10.0.0.2
9	21.377104	0c:5c:01:be:00:01	0c:f6:4a:e9:00:00	ARP	60	10.0.0.1 is at 0c:5c:01:be:00:01
10	21.409632	0c:5c:01:be:00:01	0c:f6:4a:e9:00:00	ARP	60	Who has 10.0.0.2? Tell 10.0.0.1
11	21.410577	0c:f6:4a:e9:00:00	0c:5c:01:be:00:01	ARP	60	10.0.0.2 is at 0c:f6:4a:e9:00:00
12	22.936415	10.0.0.1	20.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x0980, seq=1/256, ttl=64 (reply in
13	22.937379	20.0.0.1	10.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x0980, seq=1/256, ttl=64 (request
14	23.938829	10.0.0.1	20.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x0980, seq=2/512, ttl=64 (reply in
15	23.939911	20.0.0.1	10.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x0980, seq=2/512, ttl=64 (request
16	28.072011	10.0.0.1	20.0.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x0981, seq=1/256, ttl=64 (reply in
17	28.075541	20.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x0981, seq=1/256, ttl=63 (request
18	29.074066	10.0.0.1	20.0.0.2	ICMP	98	Echo (ping) request id=0x0981, seq=2/512, ttl=64 (reply in
19	29.079071	20.0.0.2	10.0.0.1	ICMP	98	Echo (ping) reply id=0x0981, seq=2/512, ttl=63 (request
20	33.002513	10.0.0.2	224.0.0.9	RIPv2	66	Response
21	63.004054	10.0.0.2	224.0.0.9	RIPv2	66	Response

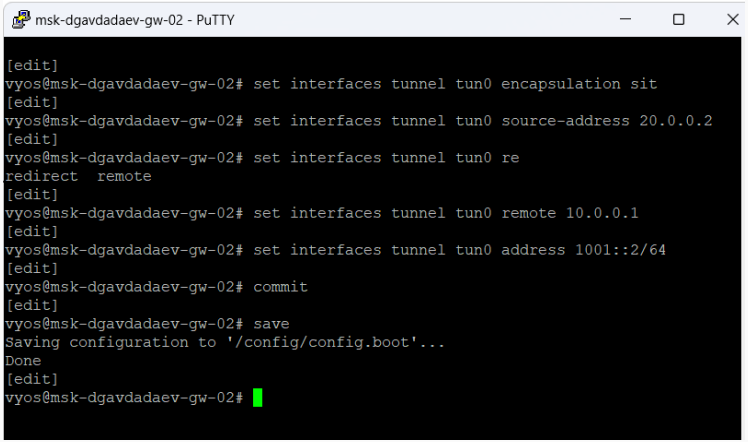
Настройка туннеля на gw-01

- Интерфейс: `tun0`
- SIT, источник IPv4: `10.0.0.1`, удалённый: `20.0.0.2`
- IPv6 туннеля: `1001::1/64`



Настройка туннеля на gw-02

- Интерфейс: `tun0`
- SIT, источник IPv4: `20.0.0.2`, удалённый: `10.0.0.1`
- IPv6 туннеля: `1001::2/64`



Статическая маршрутизация IPv6

- На gw-01: маршрут к `1002::/64` через `1001::2`
- На gw-02: маршрут к `1000::/64` через `1001::1`

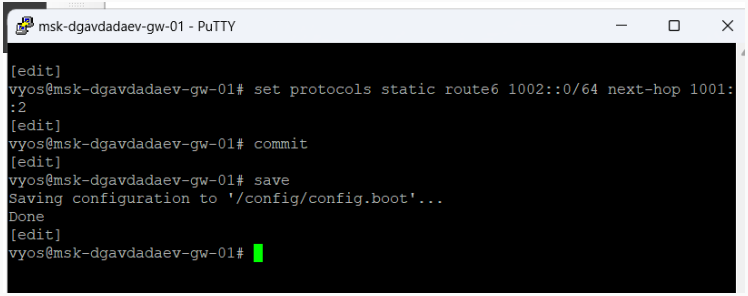
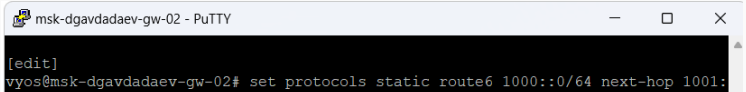
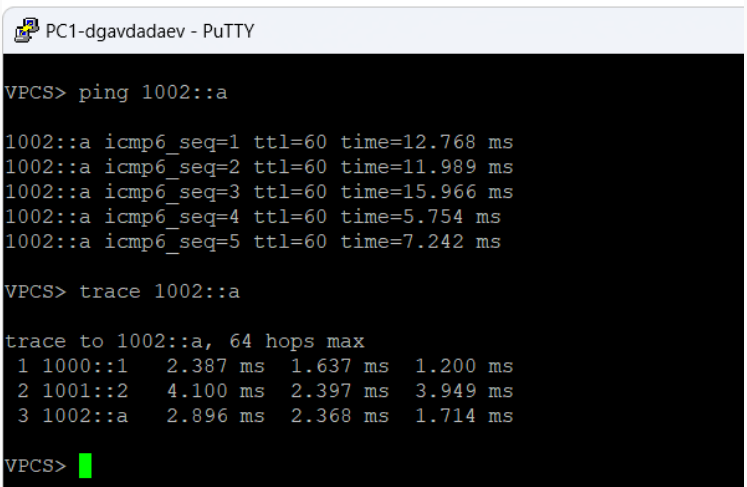


Рис. 18: Статический IPv6-маршрут на msk-dgavdadaev-gw-01



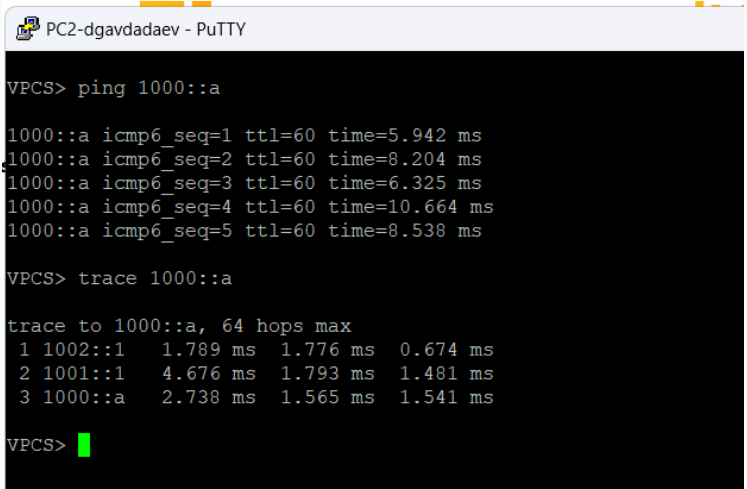
Ping и traceroute с PC1

- Успешный `ping` до `1002::a`
- Трассировка подтверждает прохождение через туннель



Ping и traceroute с PC2

- Успешный `ping` до `1000::a`
- Подтверждена симметричная IPv6-доступность



Общий вид трафика IPv6 через IPv4

- IPv6-пакеты инкапсулируются в IPv4
- Используется протокол **41**
- IPv4-адреса соответствуют концам туннеля

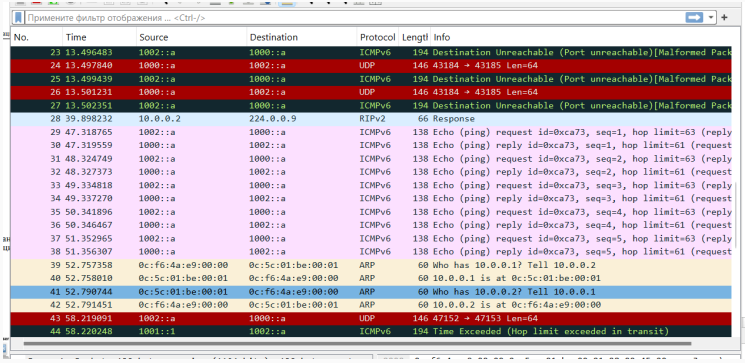


Рис. 22: Общий вид трафика IPv6 через IPv4

Детализация инкапсуляции

- В полезной нагрузке IPv4 содержится полный IPv6-заголовок
- ICMPv6 Echo Request / Reply видны внутри инкапсуляции

```
> Frame 29: Packet, 138 bytes on wire (1104 bits), 138 bytes captured (1104 bits) on interface -, id 0
> Ethernet II, Src: 0c:f6:4a:e9:00:00 (0c:f6:4a:e9:00:00), Dst: 0c:5c:01:be:00:01 (0c:5c:01:be:00:01)
v Internet Protocol Version 4, Src: 20.0.0.2, Dst: 10.0.0.1
    0100 .... = Version: 4
    .... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
  > Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
    Total Length: 124
    Identification: 0x58d9 (22745)
  > 010. .... = Flags: 0x2, Don't fragment
    ...0 0000 0000 0000 = Fragment Offset: 0
    Time to Live: 63
    Protocol: IPv6 (41)
    Header Checksum: 0xc47d [validation disabled]
    [Header checksum status: Unverified]
    Source Address: 20.0.0.2
    Destination Address: 10.0.0.1
    [Stream index: 0]
v Internet Protocol Version 6, Src: 1002::a, Dst: 1000::a
    0110 .... = Version: 6
  > .... 0000 0000 .... .... .... .... .... = Traffic Class: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
    .... 0000 0000 0000 0000 0000 = Flow Label: 0x00000
    Payload Length: 64
    Next Header: ICMPv6 (58)
    Hop Limit: 63
  > Source Address: 1002::a
  > Destination Address: 1000::a
    [Stream index: 0]
v Internet Control Message Protocol v6
    Type: Echo (ping) request (128)
    Code: 0
    Checksum: 0x9de7 [correct]
```

Итоги работы

Заключение

В ходе работы была реализована связность IPv4- и IPv6-сетей в **GNS3**: настроена адресация, динамическая маршрутизация IPv4 (RIP) и туннель **IPv6-over-IPv4 (SIT)** со статической маршрутизацией IPv6. Проверка связности и анализ трафика в **Wireshark** подтвердили корректную работу протоколов **ARP**, **ICMP**, **ICMPv6** и **RIP**, а также механизмов инкапсуляции IPv6 в IPv4 (протокол 41).