Отчёт по лабораторной работе №6

Дисциплина: Сетевые технологии

Ибрахим Мохсейн Алькамаль

Содержание

# 1. Цель работы

Изучение принципов распределения и настройки адресного пространства на устройствах сети.

# 2. Выполнение лабораторной работы

## 2.1 Разбиение сети на подсети

### 2.1.1 Разбиение IPv4-сети на подсети

1. Задана IPv4-сеть 172.16.20.0/24. Для заданной сети определите префикс, маску, broadcast-адрес, число возможных подсетей, диапазон адресов узлов. Разбейте сеть на 3 подсети с максимально возможным числом адресов узлов 126, 62, 62 соответственно.

**Задана IPv4-сеть 172.16.20.0/24.**

| Характеристика | Значение |
| --- | --- |
| Адрес сети | 172.16.20.0/24 |
| Префикс маски | /24 |
| Маска | 255.255.255.0 |
| Broadcast-адрес | 172.16.20.255 |
| Адрес сети в двоичной форме | 10101100.00010000.00010100.00000000 |
| Маска в двоичной форме | 11111111.11111111.11111111.00000000 |
| Число возможных подсетей | 2^8=256 |
| Диапазон адресов узлов | 172.16.20.1 - 172.16.20.254 |

**Разбиение на 3 подсети с узлами 126, 62, 62**

**Подсеть 1 (на 126 узлов).**

Требуется 126 + 2 = 128 адресов → 2⁷ = 128 → префикс /25  
Маска: 11111111.11111111.11111111.10000000 = 255.255.255.128  
- Адрес подсети: 172.16.20.0/25  
- Диапазон узлов: 172.16.20.1 – 172.16.20.126  
- Broadcast: 172.16.20.127

**Подсеть 2 (на 62 узла).** Требуется 62 + 2 = 64 адреса → 2⁶ = 64 → префикс /26  
Маска: 11111111.11111111.11111111.11000000 = 255.255.255.192  
- Адрес подсети: 172.16.20.128/26 (следующий блок после broadcast’а первой подсети)  
- Диапазон узлов: 172.16.20.129 – 172.16.20.190  
- Broadcast: 172.16.20.191

**Подсеть 3 (на 62 узла).** Требуется 62 + 2 = 64 адреса → префикс /26  
Маска: 255.255.255.192  
- Адрес подсети: 172.16.20.192/26 (следующий блок после broadcast’а второй подсети)  
- Диапазон узлов: 172.16.20.193 – 172.16.20.254  
- Broadcast: 172.16.20.255

**Все подсети не пересекаются и полностью используют адресное пространство исходной сети /24.**

1. Задана сеть 10.10.1.64/26. Для заданной сети определите префикс, маску, broadcast-адрес, число возможных подсетей, диапазон адресов узлов. Выделите в этой сети подсеть на 30 узлов. Запишите характеристики для выделенной подсети.

| Характеристика | Значение |
| --- | --- |
| Адрес сети | 10.10.1.64/26 |
| Префикс маски | /26 |
| Маска | 255.255.255.192 |
| Broadcast-адрес | 10.10.1.127 |
| Адрес сети в двоичной форме | 00001010.00001010.00000001.01000000 |
| Маска в двоичной форме | 11111111.11111111.11111111.11000000 |
| Число возможных подсетей | 2^6=64 |
| Диапазон адресов узлов | 10.10.1.65 - 10.10.1.126 |

Чтобы разбить подсеть на 30 узлов, нужно 30 + 2 = 32 адреса, следовательно маска подсети будет 11111111.11111111.11111111.11100000 = 255.255.255.224 = /27. Диапазон адресов: 10.10.1.65 - 10.10.1.94. Адрес подсети: 10.10.1.64. Широковещательный адрес: 10.10.1.95.

**характеристики для выделенной подсети.**

* Адрес подсети: 10.10.1.64
* Маска: 255.255.255.224
* Префикс: /27
* Broadcast-адрес: 10.10.1.95
* Диапазон адресов узлов: 10.10.1.65 – 10.10.1.94
* Число узлов: 30

1. Задана сеть 10.10.1.0/26. Для этой сети определите префикс, маску, broadcast адрес, число возможных подсетей, диапазон адресов узлов. Выделите в этой сети подсеть на 14 узлов. Запишите характеристики для выделенной подсети.

| Характеристика | Значение |
| --- | --- |
| Адрес сети | 10.10.1.0/26 |
| Префикс маски | /26 |
| Маска | 255.255.255.192 |
| Broadcast-адрес | 10.10.1.63 |
| Адрес сети в двоичной форме | 00001010.00001010.00000001.00000000 |
| Маска в двоичной форме | 11111111.11111111.11111111.11000000 |
| Число возможных подсетей | 2^6=64 |
| Диапазон адресов узлов | 10.10.1.1 - 10.10.1.62 |

Чтобы разбить подсеть на 14 узлов, нужно 14 + 2 = 16 адресов, следовательно маска подсети будет 11111111.11111111.11111111.11110000 = 255.255.255.240 = /28. Диапазон адресов: 10.10.1.1 - 10.10.1.14. Адрес подсети: 10.10.1.0. Широковещательный адрес: 10.10.1.15.

### 2.1.2 Разбиение IPv6-сети на подсети

1. Задана сеть 2001:db8:c0de::/48. Охарактеризуйте адрес, определите маску, префикс, диапазон адресов для узлов сети (краевые значения). Разбейте сеть на 2 подсети двумя способами — с использованием идентификатора подсети и с использованием идентификатора интерфейса. Поясните предложенные вами варианты разбиения.

Адрес 2001:db8:c0de::/48 — адрес из документационного IPv6-пространства (префикс 2001:db8::/32 зарезервирован для примеров и документации).

| Характеристика | Значение |
| --- | --- |
| Адрес сети | 2001:db8:c0de::/48 |
| Длина префикса | 48 |
| Префикс | 2001:db8:c0de:: |
| Маска (нотация) | /48 |
| Диапазон адресов узлов | 2001:db8:c0de:0000:0000:0000:0000:0000 – 2001:db8:c0de:ffff:ffff:ffff:ffff:ffff |

**Способ 1: разбиение с использованием идентификатора подсети (Subnet ID).**

Исходный префикс сети — /48. Для разбиения сети на 2 подсети используется 1 старший бит из 16-битного поля Subnet ID, следующего за префиксом глобальной маршрутизации. В результате длина префикса увеличивается до /49. Последние 64 бита остаются идентификатором интерфейса узла.

* Подсеть A: 2001:db8:c0de:0000::/49
* Подсеть B: 2001:db8:c0de:8000::/49

**значение старшего бита Subnet ID равно 0 для первой подсети и 1 для второй, что делит адресное пространство /48 на две равные части.**

**Способ 2: разбиение с использованием идентификатора интерфейса (Interface ID).**

В этом способе сначала выбирается одна стандартная подсеть /64 из исходной сети, например:

2001:db8:c0de:0000::/64

Для получения 2 подсетей используется 1 бит из 64-битного поля Interface ID. Длина префикса увеличивается с /64 до /65, при этом размер идентификатора интерфейса уменьшается с 64 до 63 бит.

* Подсеть 1: 2001:db8:c0de:0000::/65
* Подсеть 2: 2001:db8:c0de:0000:8000::/65

**первый бит Interface ID принимает значение 0 или 1, что приводит к разделению одной подсети /64 на две равные подсети /65.**

1. Задана сеть 2a02:6b8::/64. Охарактеризуйте адрес, определите маску, префикс, диапазон адресов для узлов сети (краевые значения). Разбейте сеть на 2 подсети двумя способами — с использованием идентификатора подсети и с использованием идентификатора интерфейса. Поясните предложенные вами варианты разбиения.

Адрес 2a02:6b8::/64 — глобальный unicast IPv6-адрес (публично маршрутизируемое адресное пространство, префикс 2000::/3).  
Первые 64 бита фиксированы и образуют префикс сети, оставшиеся 64 бита используются в качестве идентификатора интерфейса узла (Interface ID).

| Характеристика | Значение |
| --- | --- |
| Адрес сети | 2a02:6b8::/64 |
| Длина префикса | 64 |
| Префикс | 2a02:6b8:0000:0000 |
| Маска (нотация) | ffff:ffff:ffff:ffff:0000:0000:0000:0000 |
| Диапазон адресов узлов | 2a02:6b8:0000:0000:0000:0000:0000:0000 – 2a02:6b8:0000:0000:ffff:ffff:ffff:ffff |

**Способ 1: разбиение с использованием идентификатора подсети (Subnet ID).**

При данном подходе следующий за префиксом /64 бит интерпретируется как начало идентификатора подсети. Для получения 2 подсетей используется 1 дополнительный бит, что увеличивает длину префикса до /65.

* Подсеть A: 2a02:6b8::/65
* Подсеть B: 2a02:6b8:8000::/65

старший бит в части адреса, следующей за исходным 64-битным префиксом, принимает значение 0 (подсеть A) или 1 (подсеть B), что логически разделяет пространство на две равные части.

**Способ 2: разбиение с использованием идентификатора интерфейса (Interface ID).**

В этом способе разбиение выполняется за счёт поля идентификатора интерфейса. Для получения 2 подсетей используется 1 бит из 64-битного Interface ID, что увеличивает длину префикса с /64 до /65 и уменьшает размер идентификатора интерфейса до 63 бит.

* Подсеть 1: 2a02:6b8::/65
* Подсеть 2: 2a02:6b8:8000::/65

первый бит идентификатора интерфейса (65-й бит полного адреса) равен 0 для первой подсети и 1 для второй. Это делит адресное пространство исходной сети /64 на две равные подсети /65, уменьшая поле для адресации узлов.

Ключевое отличие в пояснениях: В первом способе акцент на *логическом расширении префикса сети*, во втором — на *заимствовании бит из поля узла (Interface ID)*, что соответствует разным подходам к проектированию иерархии, описанным в методичке.

## 2.2 Настройка двойного стека адресации IPv4 и IPv6 в локальной сети

* Запущены **GNS3 VM** и **GNS3**, после чего создан новый проект. В рабочем пространстве размещены и соединены устройства строго в соответствии с заданной топологией: для подсети IPv4 используется маршрутизатор FRR, для подсети IPv6 — маршрутизатор VyOS ([рис. 1](#fig-1)). Имена устройств изменены по установленному шаблону: коммутаторы — msk-alkamal-sw-0x, маршрутизаторы — msk-alkamal-gw-0x, узлы VPCS — PCx-alkamal. На соединении между сервером с двойной адресацией и ближайшим к нему коммутатором включён захват трафика для последующего анализа ([рис. 1](#fig-1)).

|  |
| --- |
| Рисунок 1: Топология сети IPv4 и IPv6 в GNS3 с маршрутизаторами FRR и VyOS |

* Настроена IPv4-адресация на узле **PC1** в соответствии с таблицей адресации: назначен адрес 172.16.20.10/25 и шлюз по умолчанию 172.16.20.1, после чего конфигурация сохранена и проверена командами show ip и show ipv6 ([рис. 2](#fig-2)). Вывод подтверждает корректную установку IPv4-адреса и наличие только link-local IPv6-адреса, что соответствует условиям задания.

|  |
| --- |
| Рисунок 2: Настройка и проверка IPv4/IPv6 адресации узла PC1 |

* На узле **PC2** выполнена настройка IPv4-адреса 172.16.20.138/25 с указанием шлюза 172.16.20.129. Конфигурация сохранена, после чего параметры сети проверены с помощью команд show ip и show ipv6 ([рис. 3](#fig-3)). Результаты вывода подтверждают правильность адресации IPv4 и автоматическое формирование IPv6 link-local адреса.

|  |
| --- |
| Рисунок 3: Настройка и проверка IPv4/IPv6 адресации узла PC2 |

* На узле **Server** настроен IPv4-адрес 64.100.1.10/24 с шлюзом по умолчанию 64.100.1.1. После сохранения конфигурации выполнена проверка сетевых параметров командой show ip, которая подтверждает корректное назначение адреса и шлюза ([рис. 4](#fig-4)).

|  |
| --- |
| Рисунок 4: Настройка IPv4 адресации сервера двойного стека |

* На маршрутизаторе **FRR msk-alkamal-gw-01** выполнена настройка IPv4-адресации интерфейсов локальной сети в соответствии с таблицей адресации. Интерфейсу **eth0** назначен адрес 172.16.20.1/25, интерфейсу **eth1** — 172.16.20.129/25, интерфейсу **eth2** — 64.100.1.1/24, после чего все интерфейсы были переведены в активное состояние командой no shutdown ([рис. 5](#fig-5)). Конфигурация маршрутизатора сохранена в постоянную память командой write memory, что подтверждает корректное применение настроек.

|  |
| --- |
| Рисунок 5: Настройка IPv4-адресации интерфейсов маршрутизатора FRR msk-alkamal-gw-01 |

* Выполнена проверка конфигурации маршрутизатора **msk-alkamal-gw-01**. Командой show running-config подтверждено наличие настроенных IPv4-адресов на интерфейсах **eth0**, **eth1** и **eth2** в полном соответствии с таблицей адресации, а также корректное имя устройства и использование интегрированной конфигурации FRR ([рис. 6](#fig-6)). Дополнительно командой show interface brief проверено состояние интерфейсов: интерфейсы **eth0**, **eth1** и **eth2** находятся в состоянии *up* и имеют назначенные IPv4-адреса, что подтверждает корректность настройки и готовность маршрутизатора к передаче трафика ([рис. 7](#fig-7)).

|  |
| --- |
| Рисунок 6: Вывод команды show running-config на маршрутизаторе FRR msk-alkamal-gw-01 |

|  |
| --- |
| Рисунок 7: Состояние интерфейсов и IPv4-адресация маршрутизатора FRR msk-alkamal-gw-01 |

* С узла **PC2** выполнена проверка связности с **PC1** и сервером двойного стека с использованием команд ping и trace. Эхо-запросы к узлу **PC1 (172.16.20.10)** успешно доставляются, что подтверждается получением ICMP-ответов без потерь, а трассировка показывает прохождение трафика через шлюз 172.16.20.129 с достижением конечного узла ([рис. 8](#fig-8)). Аналогично, узел **PC2** успешно обменивается ICMP-пакетами с сервером двойного стека **64.100.1.10**, а вывод команды trace подтверждает корректный маршрут через интерфейс маршрутизатора FRR ([рис. 9](#fig-9)).

|  |
| --- |
| Рисунок 8: Проверка связности PC2 с PC1 и анализ маршрута с помощью ping и trace |

|  |
| --- |
| Рисунок 9: Проверка связности PC2 с сервером двойного стека и трассировка маршрута |

* На узле **Server** выполнена настройка IPv6-адресации в соответствии с таблицей адресации: назначен глобальный адрес 2001:db8:c0de:11::a/64, после чего конфигурация сохранена. Проверка командами show ip и show ipv6 подтверждает сохранение ранее настроенного IPv4-адреса и корректное добавление глобального IPv6-адреса вместе с link-local адресом ([рис. 10](#fig-10)).

|  |
| --- |
| Рисунок 10: Настройка и проверка IPv6-адресации сервера двойного стека |

* На узле **PC3** настроен IPv6-адрес 2001:db8:c0de:12::a/64 и выполнено сохранение конфигурации. Вывод команды show ip показывает отсутствие IPv4-адреса, а команда show ipv6 подтверждает наличие глобального IPv6-адреса и автоматически сформированного link-local адреса, что соответствует заданным условиям ([рис. 11](#fig-11)).

|  |
| --- |
| Рисунок 11: Настройка и проверка IPv6-адресации узла PC3 |

* На узле **PC4** выполнена настройка IPv6-адреса 2001:db8:c0de:13::a/64 с последующим сохранением конфигурации. Проверка конфигурации показывает отсутствие IPv4-адреса и корректное назначение глобального IPv6-адреса, а также наличие link-local адреса интерфейса ([рис. 12](#fig-12)).

|  |
| --- |
| Рисунок 12: Настройка и проверка IPv6-адресации узла PC4 |

* На маршрутизаторе **VyOS** выполнён переход в режим конфигурирования и изменено имя устройства на msk-alkamal-gw-02. Корректность внесённых изменений проверена командой compare, после чего конфигурация применена командой commit и сохранена в файл конфигурации config.boot. Завершением этапа стала перезагрузка маршрутизатора для применения нового имени хоста на уровне системы ([рис. 13](#fig-13)).

|  |
| --- |
| Рисунок 13: Изменение имени маршрутизатора VyOS и сохранение конфигурации |

* На маршрутизаторе **msk-alkamal-gw-02 (VyOS)** выполнена настройка IPv6-адресации интерфейсов локальной сети. В режиме конфигурирования интерфейсам **eth0**, **eth1** и **eth2** назначены IPv6-адреса 2001:db8:c0de:12::1/64, 2001:db8:c0de:13::1/64 и 2001:db8:c0de:11::1/64 соответственно, а также включена рассылка Router Advertisement для каждого интерфейса с соответствующими префиксами, что обеспечивает автоматическую конфигурацию узлов в подсетях ([рис. 14](#fig-14)). Конфигурация применена и сохранена командами commit и save, после чего корректность назначения адресов подтверждена выводом команды show interfaces, где отображаются заданные IPv6-адреса на всех интерфейсах маршрутизатора ([рис. 15](#fig-15)).

|  |
| --- |
| Рисунок 14: Назначение IPv6-адресов и настройка Router Advertisement на маршрутизаторе VyOS |

|  |
| --- |
| Рисунок 15: Проверка IPv6-адресации интерфейсов маршрутизатора VyOS командой show interfaces |

* С узла **PC4** выполнена проверка IPv6-связности с узлом **PC3** с использованием команд ping и trace. Эхо-запросы к адресу 2001:db8:c0de:12::a успешно доставляются, а трассировка подтверждает прохождение трафика через интерфейс маршрутизатора 2001:db8:c0de:13::1 с достижением конечного узла, что свидетельствует о корректной маршрутизации внутри IPv6-подсети ([рис. 16](#fig-17)).

|  |
| --- |
| Рисунок 16: Проверка IPv6-связности между PC4 и PC3 с помощью ping и trace |

* Проверка доступа узла **PC4** к серверу двойного стека по IPv6 адресу 2001:db8:c0de:11::a показала отсутствие связности: эхо-запросы завершаются сообщениями *Address unreachable*, а трассировка фиксирует недостижимость целевого адреса за пределами маршрутизатора. Это подтверждает логическую изоляцию IPv6-подсети от сервера, за исключением разрешённых маршрутов ([рис. 17](#fig-18)).

|  |
| --- |
| Рисунок 17: Проверка IPv6-доступности сервера двойного стека и анализ недостижимости |

* Проведена проверка изоляции подсетей IPv4 и IPv6. Эхо-запросы с узлов IPv4 (**PC1**, **PC2**) к IPv6-адресам узлов (**PC3**, **PC4**) завершаются сообщением *host not reachable*, что подтверждает отсутствие IPv6-доступа из IPv4-подсети ([рис. 18](#fig-19), [рис. 19](#fig-20)). Аналогично, эхо-запросы с узлов IPv6 (**PC3**, **PC4**) к IPv4-адресам узлов (**PC2**) недостижимы, что подтверждает отсутствие IPv4-доступа из IPv6-подсети ([рис. 20](#fig-21), [рис. 21](#fig-22)). Таким образом, обеспечена взаимная изоляция подсетей, при которой только сервер двойного стека имеет доступ к обеим адресным семействам. При этом эхо-запросы, отправленные с сервера двойного стека, успешно достигают узлов обеих подсетей, что подтверждает корректную работу Dual Stack ([рис. 22](#fig-23)).

|  |
| --- |
| Рисунок 18: Недоступность IPv6-узлов с PC1 (IPv4) |

|  |
| --- |
| Рисунок 19: Недоступность IPv6-узлов с PC2 (IPv4) |

|  |
| --- |
| Рисунок 20: Недоступность IPv4-узлов с PC3 (IPv6) |

|  |
| --- |
| Рисунок 21: Недоступность IPv4-узлов с PC4 (IPv6) |

|  |
| --- |
| Рисунок 22: Доступ сервера двойного стека к IPv4 и IPv6 подсетям |

* В захваченном трафике на соединении сервера двойного стека с коммутатором фиксируются **ICMP-пакеты IPv4**, отражающие проверку связности между узлами IPv4-подсети и сервером. Наблюдаются запросы *Echo (ping) request* и соответствующие *Echo (ping) reply*, что подтверждает успешный обмен ICMP-сообщениями между адресами 172.16.20.10, 172.16.20.138 и 64.100.1.10. Также зафиксированы сообщения *Destination unreachable (Port unreachable)*, указывающие на недоступность определённых сервисов или направлений, что соответствует логике изоляции подсетей ([рис. 23](#fig-24)).

|  |
| --- |
| Рисунок 23: ICMP-трафик IPv4 между сервером двойного стека и узлами подсети |

* Дополнительно анализ пакетов показывает, что обмен данными осуществляется на уровне Ethernet и IPv4 с инкапсуляцией ICMP, что позволяет определить MAC-адреса источника и назначения, тип протокола и временные характеристики передачи. Наличие повторяющихся ICMP-запросов и ответов подтверждает стабильность соединения, а ICMP-сообщения о недостижимости отражают корректную работу механизмов маршрутизации и фильтрации трафика в топологии с разделением IPv4 и IPv6 ([рис. 24](#fig-25)).

|  |
| --- |
| Рисунок 24: Детализация ICMP-кадров и информация канального и сетевого уровней |

## 2.3 Задание для самостоятельного выполнения

* Для **подсети 1 (IPv4: 10.10.1.96/27)** определены параметры адресного пространства: маска 255.255.255.224, адрес сети 10.10.1.96, broadcast 10.10.1.127, диапазон хостов 10.10.1.97–10.10.1.126, число хостов в сети — 30 ([рис. 25](#fig-26)).

|  |
| --- |
| Рисунок 25: Расчёт параметров подсети IPv4 10.10.1.96/27 в IP-калькуляторе |

* Для **подсети 2 (IPv4: 10.10.1.16/28)** рассчитаны характеристики: маска 255.255.255.240, адрес сети 10.10.1.16, broadcast 10.10.1.31, диапазон хостов 10.10.1.17–10.10.1.30, число хостов в сети — 14 ([рис. 26](#fig-27)).

|  |
| --- |
| Рисунок 26: Расчёт параметров подсети IPv4 10.10.1.16/28 в IP-калькуляторе |

* Предложен вариант таблицы адресации для топологии с двумя подсетями IPv4/IPv6, где интерфейсам маршрутизатора **gw-01** назначены минимальные адреса в подсетях: eth0 — 10.10.1.97/27 и 2001:DB8:1:1::1/64, eth1 — 10.10.1.17/28 и 2001:DB8:1:4::1/64. Для узлов назначены адреса: **PC1** 10.10.1.99/27, 2001:DB8:1:1::a/64 со шлюзом 10.10.1.97 (gw-01); **PC2** 10.10.1.18/28, 2001:DB8:1:4::a/64 со шлюзом 10.10.1.17 (gw-01) ([рис. 27](#fig-28)).

|  |
| --- |
| Рисунок 27: Вариант таблицы адресации для подсетей 10.10.1.96/27 и 10.10.1.16/28 с IPv6-префиксами |

* Запущены **GNS3 VM** и **GNS3**, после чего создан новый проект. Отображаемые имена устройств изменены по заданному шаблону: коммутаторы — msk-alkamal-sw-0x, маршрутизатор — msk-alkamal-gw-0x, узлы VPCS — PCx-alkamal ([рис. 28](#fig-29)).

|  |
| --- |
| Рисунок 28: Топология сети в GNS3 с переименованными устройствами |

* На узле **PC1-alkamal** выполнена настройка IPv4- и IPv6-адресации. Назначен IPv4-адрес 10.10.1.99/27 со шлюзом 10.10.1.97, затем добавлен глобальный IPv6-адрес 2001:DB8:1:1::a/64. Проверка командами show ip и show ipv6 подтверждает корректное назначение адресов и наличие link-local IPv6-адреса ([рис. 29](#fig-30)), ([рис. 29](#fig-30))..

|  |
| --- |
| Рисунок 29: Настройка IPv4 и IPv6 адресации на узле PC1-alkamal |

|  |
| --- |
| Рисунок 30: Настройка IPv4 и IPv6 адресации на узле PC1-alkamal |

* На узле **PC2-alkamal** настроен IPv4-адрес 10.10.1.18/28 со шлюзом 10.10.1.17, после чего назначен IPv6-адрес 2001:DB8:1:4::a/64. Вывод команд show ip и show ipv6 подтверждает правильность параметров IPv4 и IPv6 и автоматическое формирование link-local IPv6-адреса ([рис. 31](#fig-32)), ([рис. 32](#fig-33)).

|  |
| --- |
| Рисунок 31: Настройка IPv4 и IPv6 адресации на узле PC2-alkamal |

|  |
| --- |
| Рисунок 32: Настройка IPv4 и IPv6 адресации на узле PC2-alkamal |

* На маршрутизаторе **VyOS msk-alkamal-gw-01** выполнена настройка адресации интерфейсов с использованием минимальных адресов подсетей. Интерфейсу eth0 назначены адреса 10.10.1.97/27 и 2001:DB8:1:1::1/64, интерфейсу eth1 — 10.10.1.17/28 и 2001:DB8:1:4::1/64; дополнительно включена рассылка Router Advertisement для IPv6-префиксов. Конфигурация применена и сохранена, что подтверждается выводом команды show interface([рис. 33](#fig-34)), ([рис. 34](#fig-35)).

|  |
| --- |
| Рисунок 33: Настройка IPv4/IPv6 адресации интерфейсов маршрутизатора VyOS msk-alkamal-gw-01 |

|  |
| --- |
| Рисунок 34: Настройка IPv4/IPv6 адресации интерфейсов маршрутизатора VyOS msk-alkamal-gw-01 |

* С узла **PC1-alkamal** выполнена проверка IPv4-связности с узлом **PC2-alkamal**. Эхо-запросы ping к адресу 10.10.1.18 успешно доставляются, что подтверждает корректную маршрутизацию между подсетями через интерфейс маршрутизатора 10.10.1.97. Трассировка trace показывает прохождение трафика через шлюз и достижение конечного узла, после чего фиксируется сообщение *Destination port unreachable*, что соответствует завершению трассировки на целевом хосте ([рис. 35](#fig-36)).

|  |
| --- |
| Рисунок 35: Проверка IPv4-связности между PC1 и PC2 с помощью ping и trace |

* С узла **PC2-alkamal** выполнена обратная проверка IPv4-доступности узла **PC1-alkamal**. Команда ping к адресу 10.10.1.99 возвращает ICMP-ответы без потерь, а вывод trace подтверждает корректный маршрут через интерфейс маршрутизатора 10.10.1.17 с достижением целевого узла ([рис. 36](#fig-37)).

|  |
| --- |
| Рисунок 36: Проверка IPv4-связности между PC2 и PC1 с помощью ping и trace |

* Дополнительно выполнена проверка IPv6- известноти между узлами подсети. С узла **PC2-alkamal** эхо-запросы ping к адресу 2001:DB8:1:1::a успешно доставляются, а команда trace подтверждает прохождение трафика через IPv6-адрес маршрутизатора 2001:DB8:1:4::1 и достижение конечного узла без ошибок ([рис. 37](#fig-38)).

|  |
| --- |
| Рисунок 37: Проверка IPv6-связности между узлами подсети с помощью ping и trace |

## 2.4 **Выводы**

В ходе лабораторной работы были изучены и практически отработаны принципы планирования, распределения и настройки адресного пространства IPv4 и IPv6 в локальной сети. Выполнено разбиение исходных сетей на подсети с заданным числом узлов, корректно определены их основные характеристики: адреса сетей, маски, диапазоны узлов и широковещательные адреса.

На практике реализована настройка двойного стека IPv4/IPv6 на оконечных устройствах и маршрутизаторах с использованием FRR и VyOS, при этом для интерфейсов маршрутизаторов были выбраны минимальные допустимые адреса в подсетях. Проверка связности с помощью команд ping и trace подтвердила корректную маршрутизацию внутри каждой подсети и работоспособность настроенного адресного плана.

Дополнительно было подтверждено логическое разделение IPv4- и IPv6-подсетей: узлы разных семейств адресации не имеют прямой связности между собой, за исключением сервера с двойным стеком, что соответствует условиям задания. Анализ захваченного трафика ICMP, ICMPv6 и ARP позволил наглядно проследить процессы обмена данными, разрешения адресов и диагностики недоступности, что подтверждает корректность конфигурации сети и механизмов маршрутизации.