Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра электронных вычислительных машин

Дисциплина: Оборудование компьютерных сетей

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту

на тему

ЛОКАЛЬНАЯ КОМПЬЮТЕРНАЯ СЕТЬ,

ВАРИАНТ 86

БГУИР КП 1–40 02 01 405 ПЗ

Студент: К.В. Горбачевский

Руководитель: В.А. Марцинкевич

МИНСК 2024

|  |  |
| --- | --- |
| Вариант | 86 |
| Объект | центр обработки данных компании, занимающейся программированием |
| Форма здания, этажи, суммарная площадь помещений в квадратных метрах | т-образная, 3, 40 |
| Количество стационарных пользователей (ПК), количество стационарных подключений, количество мобильных подключений | ?, 5, 3 |
| Сервисы (дополнительные подключения) | сервер БД Oracle (до 50 внутренних пользователей) |
| Прочее оконечное оборудование (дополнительные подключения) | принтеры, проекторы |
| Подключение к Internet | 4G |
| Внешняя адресация IPv4,  внутренняя адресация IPv4,  адресация IPv6 | непосредственного подключения к провайдеру нет, публичная подсеть, доступ в Internet, использовать подсеть из блока адресов для Беларуси |
| Безопасность | усиленная безопасность в отношении учетных записей пользователей |
| Надежность | резервирование соединений |
| Финансы | полноценная комерческая сеть |
| Производитель сетевого оборудования | Mikrotik |
| Дополнительные требования заказчика | возможность экспорта рабочих столов |

СОДЕРЖАНИЕ

[ВВЕДЕНИЕ 4](#_Toc183428479)

[1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ 5](#_Toc183428480)

[1.1 4G 5](#_Toc183428481)

[1.2 MikroTik 5](#_Toc183428482)

[1.3 Сервер RADIUS 6](#_Toc183428483)

[2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ 7](#_Toc183428484)

[2.1 Блок маршрутизации 7](#_Toc183428485)

[2.2 Блок коммутации 7](#_Toc183428486)

[2.3 Блок беспроводных устройств 8](#_Toc183428487)

[2.4 Блок сервера 8](#_Toc183428488)

[2.5 Блок оконечных устройств 8](#_Toc183428489)

[3 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ 9](#_Toc183428490)

[3.1 Расположение устройств 9](#_Toc183428491)

[3.2 Производитель сетевого оборудования 9](#_Toc183428492)

[3.3 Обоснование выбора маршрутизатора 9](#_Toc183428493)

[3.4 Обоснование выбора коммутатора 10](#_Toc183428494)

[3.5 Обоснование выбора пользовательских станций 11](#_Toc183428495)

[3.6 Обоснование выбора серверной станции 12](#_Toc183428496)

[3.7 Обоснование выбора принтера 13](#_Toc183428497)

[3.8 Обоснование выбора проектора 13](#_Toc183428498)

[3.9 Виртуальные локальные компьютерные сети 14](#_Toc183428499)

[3.10 Внешняя адресация 15](#_Toc183428500)

[3.11 Внутренняя IPv4 адресация 15](#_Toc183428501)

[3.12 Внутренняя IPv6 адресация 16](#_Toc183428502)

[3.13 Конфигурация сетевого оборудования 17](#_Toc183428503)

[3.14 Экспорт рабочих столов 21](#_Toc183428504)

[4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННОЙ КАБЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ 23](#_Toc183428505)

[4.1 План этажа 23](#_Toc183428506)

[4.2 Размеры помещения 23](#_Toc183428507)

[4.3 Организация структурной кабельной системы 23](#_Toc183428508)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 25](#_Toc183428509)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 26](#_Toc183428510)

[ПРИЛОЖЕНИЕ А 27](#_Toc183428511)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Б 28](#_Toc183428512)

[ПРИЛОЖЕНИЕ В 29](#_Toc183428513)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Г 30](#_Toc183428514)

[ПРИЛОЖЕНИЕ Д 31](#_Toc183428515)

# ВВЕДЕНИЕ

На текущем этапе развития информационных технологий, а именно в сфере программирования, наблюдается высокая динамика и активный рост, что влечет за собой неотложную необходимость в непрерывном совершенствовании структуры инфраструктуры и коррекции технологических сетевых конфигураций. Одним из определяющих элементов успешной активности в данной сфере является центр обработки данных, который является ключевым звеном в цепи функциональных взаимосвязей между информационными ресурсами. В представляемом проекте предполагается провести анализ, разработку и конфигурацию сетевой инфраструктуры для центра обработки данных корпоративной единицы, специализирующейся на области программного обеспечения.

Основной целью данного проекта является формирование оптимальной сетевой инфраструктуры, призванной обеспечить эффективное функционирование центра обработки данных. Основными параметрами данной инфраструктуры следует рассматривать обеспечение стабильной связи для стационарных и мобильных устройств, обеспечение сохранности информации, а также гарантирование доступности корпоративных сервисов для внутренних пользователей.

Полученные результаты в рамках данного проекта предоставляют пользу для широкого спектра интересующихся сторон. В первую очередь, корпоративная единица, активно занимающаяся программированием и оперирующая центром обработки данных, может воспользоваться уже имеющимися решениями. Кроме того, специалисты в области информационных технологий и администраторы сетей, вовлеченные в настройку и обслуживание подобных сетевых структур, могут получить выгоду из анализа данной тематики. Важно также подчеркнуть, что результаты данного проекта предоставляют ценные рекомендации для организаций, которые стремятся повысить уровень надежности и безопасности своих сетевых структур в контексте корпоративных центров обработки данных, используя технологии, предусмотренные в задании.

В соответствии с поставленной целью были определены следующие задачи:

1. Изучение информационных материалов, связанных с проектом, до начала его выполнения, а также последующее освоение технологий в процессе выполнения.

2. Разработка сетевой структуры.

3. Выбор устройств, обоснование выбора, их настройка и создание функциональной схемы.

4. Подведение итогов и описание инструкций внедрения.

# 1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

## 1.1 4G

4G (4-Generation) – cокращенное название четвертого поколения беспроводной телефонной связи, основанного технологии TCP/IP для передачи информации. 4G поддерживает скорость до 1 Гбит/с для абонентов с низкой скоростью движения и до 100 Мбит/с для абонентов с высокой скоростью движения (например, в транспорте) в оптимальных условиях.

Технологии [LTE Advanced](https://ru.wikipedia.org/wiki/LTE_Advanced) (LTE-A) и [WiMAX 2](https://ru.wikipedia.org/wiki/WiMAX" \o "WiMAX) (WMAN-Advanced, IEEE 802.16m) ([SIM-карта](https://ru.wikipedia.org/wiki/SIM-%D0%BA%D0%B0%D1%80%D1%82%D0%B0" \o "SIM-карта) не требуется) были официально признаны беспроводными стандартами связи четвёртого поколения 4G (IMT-Advanced) [Международным союзом электросвязи](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D0%B6%D0%B4%D1%83%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D1%81%D0%BE%D1%8E%D0%B7_%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%81%D0%B2%D1%8F%D0%B7%D0%B8" \o "Международный союз электросвязи) на конференции в [Женеве](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D0%B0" \o "Женева) в 2012 году.

Так как первые версии мобильного [WiMAX](https://ru.wikipedia.org/wiki/WiMAX" \o "WiMAX) и [LTE](https://ru.wikipedia.org/wiki/LTE) поддерживают скорости значительно меньше 1 Гбит/с, их нельзя назвать технологиями, соответствующими IMT-Advanced, хотя они часто упоминаются поставщиками услуг как технологии 4G. В свою очередь, после запуска мобильными операторами сетей [LTE-Advanced](https://ru.wikipedia.org/wiki/LTE-Advanced" \o "LTE-Advanced) в маркетинговых целях их стали называть 4G+. 6 декабря 2010 года МСЭ-Р признал, что наиболее продвинутые технологии рассматривают как «4G», хотя этот термин не определён.

Системы связи 4G основаны на пакетных [протоколах передачи данных](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%80%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BB_%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%B0%D1%87%D0%B8_%D0%B4%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D1%85" \o "Протокол передачи данных). Для пересылки данных используется протокол [IPv4](https://ru.wikipedia.org/wiki/IPv4" \o "IPv4); в будущем планируется поддержка [IPv6](https://ru.wikipedia.org/wiki/IPv6). Для передачи голоса в 4G предусмотрены технологии [VoLTE](https://ru.wikipedia.org/wiki/VoLTE" \o "VoLTE) ([англ.](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%BD%D0%B3%D0%BB%D0%B8%D0%B9%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA) Voice over LTE).

## 1.2 MikroTik

Компания MikroTik [3] является выдающимся разработчиком сетевого оборудования и программного обеспечения. Известная своим широким спектром продуктов, MikroTik зарекомендовала себя как ведущий поставщик оборудования для сетей связи, предприятий и домашних сетей.

Одним из ключевых направлений деятельности MikroTik является производство беспроводных маршрутизаторов, которые стали важной частью инфраструктуры многих пользователей. Беспроводные маршрутизаторы MikroTik отличаются высокой производительностью, надежностью и гибкостью конфигурации, что делает их привлекательным выбором для различных сценариев использования.

Одной из примечательных особенностей продукции MikroTik является наличие RouterOS– операционной системы, разработанной специально для их устройств. RouterOS предоставляет богатый набор функций, включая возможности маршрутизации, брандмауэра, виртуальных частных сетей (VPN), систем мониторинга и управления полосой пропускания.

Основываясь на технологии беспроводных стандартов, таких как Wi­Fi, MikroTik разрабатывает маршрутизаторы, обеспечивающие высокую пропускную способность и дальность передачи данных. Это делает продукцию компании MikroTik востребованной как в сфере бизнеса, так и среди конечных пользователей, нуждающихся в надежной и масштабируемой беспроводной сети.

## 1.3 Сервер RADIUS

AAA (Authentication, Authorization and Accounting) или аутентификация, авторизация и аккаунтинг  – это термин, используемый для описания трех функций в ИТ. В основном AAA используется для управления доступом к различным ИТ-ресурсам, таким как сеть, службы, сервера и т. д.

Служба IBM Remote Authentication Dial-In User Service (RADIUS) представляет собой протокол сетевого доступа, предназначенный для идентификации, предоставления прав доступа и учета. Это протокол на основе портов, управляющий взаимодействием между Серверами сетевого доступа (NAS), а также серверами идентификации и учета.

Клиент отвечает за передачу сведений о пользователе соответствующим серверам RADIUS и обработку ответов, возвращаемых этими серверами. Серверы RADIUS получают запросы на установление соединений, выполняют идентификацию пользователей и возвращают информацию о конфигурации, необходимую клиенту для предоставления службы пользователю. Сервер RADIUS может выполнять роль клиента [Proxy](https://www.ibm.com/docs/ru/ssw_aix_71/security/radius_proxy_config.html" \l "radius_proxy_config" \o "Службы Proxy позволяют серверу RADIUS пересылать запросы, поступающие от сервера NAS, другим серверам RADIUS и возвращать ответные сообщения серверу NAS. Работа службы Proxy основана на понятии области.) для других серверов RADIUS, если конфигурация настроена соответствующим образом. В качестве транспортного протокола сервер RADIUS применяет протокол пользовательских дейтаграмм (UDP).

Протокол идентификации и предоставления прав доступа, применяемый сервером RADIUS, соответствует стандарту IETF RFC 2865. Кроме того, сервер поддерживает протокол учета, описанный в RFC 2866. Прочие поддерживаемые стандарты: RFC 2284 (EAP), RFC 2869 (частично), сообщения об истечении срока действия паролей RFC 2882, MD5-Challenge и TLS. Более подробная информация об этих RFC приведена в следующих разделах:

MikroTik RouterOS обеспечивает масштабируемые функции аутентификации, авторизации и учета (AAA). Операционная система MikroTik RouterOS имеет RADIUS-клиент, который может аутентифицировать локальных пользователей маршрутизатора, соединения HotSpot, PPP, PPPoE, PPTP, L2TP, OVPN, SSTP, IPsec и ISDN.

# 2 РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ

В данном разделе описана структура локальной компьютерной сети. Схема структурная приведена в приложении А. Пунктирной линией выделены зоны, элементы в которых относятся к обозначенному в этой же зоне этажу.

Всего предполагается возможность 5 проводных подключений, из которых 3 – стационарных пользователя принтер, проектор, а также 3 беспроводных подключения.

Все беспроводные и проводные подключения находятся в рамках одного этажа. Площадь помещения – 40 квадратных метров.

## 2.1 Блок маршрутизации

Для корректной работы системы компании, в которой работают до 50 человек, и доступом в сеть Интернет необходима реализация IP-маршрутизации, то есть необходимо активное сетевое устройство-посредник, которое поддерживает третий (сетевой) уровень модели Open Systems Interconnection (далее – OSI).

Для этого можно использовать как коммутатор с поддержкой третьего уровня (далее – L3-коммутатор), так и маршрутизатор. Однако, одним из требований заказчика является усиленная безопасность в отношении учетных записей пользователей, для этого понадобится сервер-RADIUS, который доступен только на маршрутизаторах и реализован из коробки в операционной системе маршрутизаторов Mikrotik (MikrotikOS). Данный функционал не представлен на L3-коммутаторах.

Таким образом, в структуре сети представлен один маршрутизатор, который обеспечивает IP, предоставляет сервер-RADIUS, обеспечивает безопасность сети и иное. К маршрутизатору подключёны коммутаторы и сервер базы данных Oracle.

Ввиду небольшой площади помещения модем и маршрутизатор являются одним устройством. 4G модем обеспечивает доступом в интернет одно или несколько устройств (ноутбук, стационарный ПК, смартфон, планшет, телевизор, игровую приставку и т. п.) через сети мобильных операторов. Модем является связующим звеном между локальной сетью и сетью Интернет. Модем моделирует цифровой сигнал, полученный из внутренней локальной компьютерной сети для передачи в сеть мобильных операторов, а также осуществляет обратный процесс. Связан с маршрутизатором.

## 2.2 Блок коммутации

Блок коммутации является центральным связующим звеном всей локальной сети.

Общее число подключённых к сети устройств, согласно требованию заказчика, составляет 5, при возможности 8 подключений, на такое количество подключений в пределах площади равной 40 квадратным метрам достаточно использование одного коммутатора, но так как одним из требований заказчика является резервирование соединений в сети будет два коммутатора, соединенный вместе.

## 2.3 Блок беспроводных устройств

Согласно требованию заказчика, должно быть предусмотрено подключение беспроводных устройств, для реализации данного требования, с учётом площади помещения, необходима одна точка беспроводного подключения.

Ввиду малой площади помещения беспроводная точка доступа будет единым устройством вместе с маршрутизатором и находится в серверной комнате.

## 2.4 Блок сервера

Блок веб­-сервера, представленный сервером БД Oracle, играет ключевую роль в сетевой инфраструктуре компании, занимающейся программированием. Его функции включают хранение и управление данными, обеспечение безопасности информации, резервное копирование и восстановление данных.

Связь этого блока с блоком коммутации обеспечивает сетевую интеграцию и надежное сетевое соединение. Это обеспечивает доступ к данным и приложениям для внутренних пользователей, обеспечивая высокую доступность сервера и упрощая управление сетью и сервером из одного места.

В итоге, сервер БД Oracle в блоке веб-­сервера является важной составляющей сетевой инфраструктуры, обеспечивая безопасное и эффективное взаимодействие с данными и приложениями в компании.

## 2.5 Блок оконечных устройств

Согласно требованию заказчика, в сети должно быть предусмотрено 5 стационарных подключений, из которых 3 – рабочий станции, и по одному подключению на принтер и проектор.

Принтер и проектор подключены непосредственно к сети, к портам коммутатора, что обеспечивает доступ к этим устройствам для любой рабочей станции в сети.

# 3 РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ

Данный раздел посвящён разработке функциональной схемы, выбору оборудования разрабатываемой локальной компьютерной сети, её функциональному проектированию. Схема функциональная приведена в приложении Б.

Значение используемых в схеме условно-графических обозначений обозначено в левой нижней части схемы. Обозначение названий в формате неразделённого дефисом номера устройства этого типа. Например, вторая рабочая станция обозначена как «PC 2».

Для обозначения портов используются соответственно etherN, где N – номер порта на устройстве.

## 3.1 Расположение устройств

Проектируемая сеть находится целиком в пределах одного этажа. Главное помещение разделено на три комнаты: холл, рабочая комната и серверная. В серверной предусмотрено расположить маршрутизатор, коммутаторы и сервер. Три рабочие станции предусмотрено расположить в главной рабочей комнате. Принтер и проектор будут расположены в коридоре.

Исходя из такого размещения на всю сеть предусматривается 5 стационарных подключения, включая принтеры и проекторы и 3 беспроводных подключения.

Для размещения устройств будет закуплен монтажный шкаф ШТК-СП-42.6.10-44АА-9005 [5] стоимостью 3019 BYN.

## 3.2 Производитель сетевого оборудования

Согласно требованиям заказчика, в проекте должно использоваться оборудование, поставляемое компаниями Mikrotik. Так как компания Mikrotik не выпускает конечное оборудование такое как принтеры, проекторы и пользовательские станции, это оборудование будет выбрано у других производителей.

## 3.3 Обоснование выбора маршрутизатора

Элементами разрабатываемой локальной компьютерной сети являются 5 пользовательских станции и SQL сервер. Принтер и проектор подключаются непосредственно к коммутатору для обеспечения доступа к ним от любой рабочей станции в сети.

Так как площадь помещения небольшая, а еще одним условием заказчика является подключение к сети интернет через 4G, было решено использовать беспроводной Wi-Fi коммутатор, который также будет являться беспроводной точкой доступа.

При выборе маршрутизатора, согласно требованиям заказчика, необходимо использовать оборудование Mikrotik. Основными критериями при выборе маршрутизатора являются: достаточное количество LAN-­портов, поддержка IPv6 ­маршрутизации, поддержка Wi-Fi, поддержка LTE.

Характеристики данного маршрутизатора представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Обоснование выбора маршрутизатора

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Chateau LTE12 | Chateau LTE6 |
| Стандарт беспроводной связи | 802.11ac (Wi-Fi 5) | 802.11ac (Wi-Fi 5) |
| Порты | 5xGigabit LAN, 1xUSB | 5xGigabit LAN, 1xUSB |
| Процессор | Qualcomm IPQ4019 | Qualcomm IPQ4019 |
| Оперативная память | 256 МБ | 256 МБ |
| Flash-память | 16 МБ | 16 МБ |
| Диапазон частот | 2.4 ГГц, 5 ГГц | 2.4 ГГц, 5 ГГц |
| Стоимость | 1310 BYN | 1059 BYN |
| LTE-категория | 12 (600 Мбит/с — нисходящий канал, 150 Мбит/с — восходящий канал), встроенный LTE-чип, поддержка MIMO 4x4 в LTE | 6 (300 Мбит/с — нисходящий канал, 50 Мбит/с — восходящий канал) |

Согласно данным критериям был выбран маршрутизатор Mikrotik Chateau LTE12 [4]. Так как LTE-категория 12 имеет более высокую пропускную способность.

## 3.4 Обоснование выбора коммутатора

Основными критериями при выборе коммутатора являются: достаточное количество портов, поддержка RSTP (Rapid STP) для резервирования соединений.

Согласно критериям был выбран коммутатор 3-го уровня Mikrotik CRS326-24G-2S+RM [6]. Характеристики данного коммутатор представлены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Обоснование выбора коммутатора.

|  |  |
| --- | --- |
| Слоты SFP+ | 2 |
| Порты Gigabit Ethernet | 24xGbit |
| Управление потоком (802.3x) | да |
| Исполнение | стоечный |
| Стоимость | 1003 BYN |

Для реализации резервирования соединений будет достаточно двух коммутаторов. Один корневой и один резервный.

## 3.5 Обоснование выбора пользовательских станций

Сотрудники центра обработки данных компании, занимающейся программированием, выполняют ряд важных задач, связанных с управленим и обслуживанием инфраструктуры центра обработки данных. В связи с их выполняемыми задачи необходимо подобрать устройство для комфортной работы со следующими минимальными характеристиками:

– шестиядерный процессор;

– минимум 32 ГБ оперативной памяти для работы с виртуализацией;

– SSD на 512 ГБ или более для хранения данных;

– Full HD дисплей для комфортной работы;

– дискретная видеокарта с хорошей производительностью, так как задачи могут включать в себя анализ данных, их визуализация и другие;

– наличие USB, Ethernet, HDMI­портов;

– встроенные динамики и аудиовыход для прослушивания аудио.

В качестве компьютеров для центра обработки данных компании, занимающейся программированием, было принято решение воспользоваться готовыми сборками, так как это решение упрощает закупку.

Ниже представлена сравнительная характеристика компьютеров, подходящих под требования.

Таблица 3.5 – Обоснование выбора пользовательских станций

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры | TGPC Action 5 81869  A­X | TGPC Action 7 82483  A-X |
| Процессор | AMD Ryzen 5 5600X | AMD Ryzen 7 5700X |
| Суммарное количество ядер | 6 | 8 |
| Оперативная память | 32 ГБ | 32 ГБ |
| Емкость накопителя | 500 ГБ | 1000 ГБ |
| Видеокарта | NVIDIA GeForce RTX 4060 Ti | NVIDIA GeForce RTX 4060 |
| Стоимость | 3318 BYN | 3707 BYN |

В соответствии с представленными моделями был выбран TGPC Action 7 82483 A-X, так как он имеет лучшие параметры процессора и большую емкость накопителя.

Также для работы с компьютером необходимо подобрать монитор. Сравнительная характеристика мониторов представлена в таблице 3.5.2.

Таблица 3.5.2 – Сравнительная характеристика мониторов

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Параметры | LG 27MP400­B | Huawei MateView SE SSN­24 | Philips 242E1GAJ/00 |
| Разрешение | 1920x1080 | 1920x1080 | 1920x1080 |
| Плотность пикселей | 81 ppi | 93 ppi | 92 ppi |
| Частота обновления экрана | 75 Гц | 75 Гц | 144 Гц |
| Яркость экрана | 250 кд/м2 | 250 кд/м2 | 144 кд/м2 |
| Цветовой охват sRGB | 100% | 100% | 125.9% |
| Стоимость | 433,84 BYN | 418,29 BYN | 470,48 BYN |

В соответствии с представленными характеристиками был выбран Philips 242E1GAJ/00, так как он имеет лучшую частоту обновления экрана, яркость и цветовой охват.

Также для работы за компьютером, пользователю понадобится мышь и клавиатура. Для комфортной работой был выбран офисный набор из средней ценовой категории - Logitech MK120 920-002561 стоимостью 76,67 BYN.

## 3.6 Обоснование выбора серверной станции

При выборе серверной станции компьютер должен быть оснащен мощным многоядерным процессором с высокой тактовой частотой, чтобы обеспечить быструю обработку запросов к базе данных, иметь большой объем оперативной памяти для обеспечения эффективной работы системы управления базами данных (далее – СУБД) и высокую емкость накопителя.

Характеристики моделей представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Обоснование выбора серверной станции.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | ASUS RM300 RS720-E10-RS12-MS1 | Dell PowerEdge R750 |
| Процессор | Intel Xeon Gold 5317 | Intel Xeon Gold 5317 |
| Суммарное количество ядер | 12 | 12 |
| Тактовая частота | 3000 МГц | 3000МГц |
| Оперативная память | 256 ГБ | 128ГБ |
| Емкость накопителя | 1.6 TB | 240GB + 6TB |
| Крепление | стоечный | стоечный |
| Стоимость | 27,990 BYN | 39,590 BYN |

На основе сравнения более важным параметром является количество оперативной памяти. Был выбран сервер ASUS RM300 RS720-E10-RS12-MS1.

## 3.7 Обоснование выбора принтера

В центре обработки данных, предполагается, что печать документов не является основной задачей, так как большинство сотрудников заняты программированием. В этом контексте, один принтер может удовлетворить потребности ограниченного числа пользователей, необходимых для выполнения печатных задач. В качестве технологии печати стоит выбрать лазерную. Лазерные принтеры имеют более высокую скорость печати, лучшее качество для текстовых документов, высокую производительность и долгий ресурс работы.

Согласно данным требованиям для сравнения было выбрано два принтера со схожими характеристиками в одном ценовом диапазоне: Canon i­SENSYS LBP223dw стоимостью 921,76 BYN и Canon i­SENSYS LBP236DW стоимостью 1042,79 BYN. Сравнительная характеристика принтеров представлена в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Сравнительная характеристика принтеров

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Параметры | Canon i-SENSYS MF463dw 5951C008 | Kyocera Mita ECOSYS M2040dn |
| Скорость ч/б печати (А4) | 40 стр/мин | 40 стр/мин |
| Наличие сканера. | да | да |
| Ресурс ч/б картриджа в комплекте | Нет данных | 3 600 стр |
| Wi-Fi | 802.11n | нет |
| Вес | 16.3 кг | 19 кг |
| Стоимость | 1605 BYN | 2685 BYN |

В данном случае имеет смысл выбрать Canon i-SENSYS MF463dw 5951C008, так как он имеет лучшие характеристики по сравнению с аналогом за лучшую цену.

## 3.8 Обоснование выбора проектора

В центре обработки данных компании, занимающейся программированием, проектор является неотъемлемой частью рабочего процесса. Этот важный инструмент позволяет создавать более интерактивные и информативные среды, облегчая коммуникацию, обучение, исследования и принятие решений.

Важными аспектами при выборе проектора являются: качественное изображение, высокое разрешение, высокая яркость, небольшие габариты.

Характеристики проекторов представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Обоснование выбора проектора

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Epson EB-L200F | NEC P554U |
| Тип матрицы | LCD | LCD |
| Разрешение матрицы | FullHD (1920x1080) | WUXGA (1920x1200) |
| Максимальный световой поток | 4 500 ANSI лм | 5 500 ANSI лм |
| Максимальный ресурс источника света | 20 000 часов | 4 000 часов |
| Стоимость | 7821 BYN | 7351 BYN |

Несмотря на то, что проектор NEC выигрывает по таким параметрам как световой поток и разрешение матрицы, более важным параметром является максимальный ресурс источника света. Был выбран проектор Epson EB-L200F.

## 3.9 Виртуальные локальные компьютерные сети

Для обеспечения безопасности сети, разграничения пользователей, организации QoS, предусмотрено использование VLAN. Ниже приведены предусмотренные виртуальные сети и их особенности.

### 3.9.1 Административный VLAN

Для управления сетевым оборудованием предусмотрен VLAN с номером 10. Доступ к данной подсети имеют административные рабочие станции PC 1-3, проектор и принтер. Используя этот VLAN, можно получить доступ ко всему сетевому оборудованию и править его конфигурации.

### 3.9.2 Беспроводной VLAN

Для беспроводных устройств подключенных к точке доступа Wi-Fi предусмотрена подсеть с номером 20. Данная подсесть будет обладать меньшими привилегиями нежели сеть постояльцев и на нее будет наложены ограничения доступа к внутренним ресурсам. На схеме устройства в данном VLAN обозначены Wireless 1-3.

### 3.9.3 Серверный VLAN

Предусмотрена сеть с номером 30 только для сервера ЦОД. Данная сеть будет иметь приоритет доступа к Интернет и доступ к внутренним ресурсам компании, таким как файловый сервер.

## 3.10 Внешняя адресация

Согласно требованиям заказчика, непосредственное подключение к провайдеру отсутствует, то есть сеть соединена только с общей сетью здания, то есть Интранетом. В то же время по требованию заказчика подключение к интернет осуществляется посредством 4G. Был выбран варинат подключения через модем.

Согласно варианту, существует выбор из десяти подсетей. Подсети в нотации Classless Inter-Domain Routing (далее – CIDR) и количество доступных адресов для конечных устройств приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – предлагаемые подсети в нотации CIDR

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № | Адрес подсети | Длина маски в битах | Количество хостов |
| 1 | 3.18.124.0 | 23 | 510 |
| 2 | 43.69.0.0 | 19 | 8,190 |
| 3 | 92.0.0.0 | 8 | 16,777,214 |
| 4 | 111.37.0.0 | 19 | 8,190 |
| 5 | 131.145.190.0 | 23 | 510 |
| 6 | 151.194.32.0 | 19 | 8,190 |
| 7 | 163.65.64.0 | 18 | 16,382 |
| 8 | 186.72.68.0 | 24 | 254 |
| 9 | 198.46.181.0 | 26 | 62 |
| 10 | 202.82.173.128 | 29 | 6 |

Предположим, что зданием в Интранете используется вторая подсеть 43.69.0.0/19, имеющая 8,190 адресов, а ЦОД-у выдан адрес: 43.69.0.100.

## 3.11 Внутренняя IPv4 адресация

Согласно требованиям заказчика, для внутренней IPv4 адресации должны быть использованы публичные адреса. Предположим, что провайдер предоставил для сети ЦОД сеть с адресом 198.46.181.0/26, имеющую 62 адреса.

Требуется разделение сети на подсети для каждого из VLAN, при этом должно быть учтено различие количества, относящегося к данным VLAN, хостов. Схема IPv4 адресации приведена в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Схема внутренней IPv4 адресации

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Назначение | № VLAN | Адрес подсети | Длина маски  в битах | Хосты |
| Административная | 10 | 198.46.181.0/28 | 28 | 14 |
| Беспроводная | 20 | 198.46.181.16/28 | 28 | 14 |
| Сервер | 30 | 198.46.181.32/29 | 29 | 6 |
| Маршрутизатор | - | 198.46.181.40/30 | 30 | 2 |

Административный (10) VLAN имеет подсеть с 14 хостами, в компании планируется 3 администратора, принтер и проектор, которые также находятся в администативном VLAN.

Беспроводной (20) VLAN имеет подсеть с 14 хостами, в компании планируется 3 беспроводных подключения. Но предусматривается возможность увеличить число подключений.

Серверный (30) VLAN предполагает 6 хостов, в данный вилан входит только сам сервер.

Административный VLAN подразумевает назначение статических адресов, схема адресации данной подсети приведена в таблице 3.3. Так как все устройства находятся в одной подсети, все их адреса имеют одинаковую маску: 255.255.255.240

Таблица 3.3 – Схема IPv4 адресации административного (10) VLAN

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Устройство | Позиционное обозначение | Адрес |
| Маршрутизатор | Router | 198.46.181.1 |
| Рабочая станция | PC 1 | 198.46.181.2 |
| Рабочая станция | PC 2 | 198.46.181.3 |
| Рабочая станция | PC 3 | 198.46.181.4 |
| Принтер | Printer | 198.46.181.5 |
| Проектор | Projector | 198.46.181.6 |

## 3.12 Внутренняя IPv6 адресация

Для внутренней IPv6 адресации предполагается использование Unique-Local Unicast адресов. Global ID часть IPv6 адреса выбрана случайным образом, Subnet ID же представляет из себя номер советующего VLAN дополненный нулями, что обеспечит понятный формат адресов. Длина префикса подсети во всех случаях составляет 64 бита, что обеспечивает адресацию 18,446,744,073,709,551,616 хостов.

Таблица 3.4 – Схема внутренней IPv6 адресации

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Назначение | Номер VLAN | Адрес подсети |
| Административная | 10 | 2001:67c:2268:10::/64 |
| Беспроводная | 20 | 2001:67c:2268:20::/64 |
| Сервер | 30 | 2001:67c:2268:30::/64 |

# 

Административный VLAN подразумевает назначение статических адресов, схема адресации данной подсети приведена в таблице 3.5. Так как все устройства находятся в одной подсети, все их адреса имеют одинаковую маску длиной в 64 бита.

Таблица 3.5 – Схема IPv6 адресации административного (10) VLAN

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Устройство | Позиционное обозначение | Адрес |
| Маршрутизатор | Router | 2001:67c:2268:10::1000 |
| Рабочая станция | PC 1 | 2001:67c:2268:10::2001 |
| Рабочая станция | PC 2 | 2001:67c:2268:10::2002 |
| Рабочая станция | PC 3 | 2001:67c:2268:10::2003 |
| Принтер | Printer | 2001:67c:2268:10::3001 |
| Проектор | Projector | 2001:67c:2268:10::3002 |

## 3.13 Конфигурация сетевого оборудования

### 3.13.1 Конфигурация VLAN

Команды для создания VLAN необходимо прописать только на одном из устройств, это будет маршрутизатор, так как он является корневым устройством в проектируемой локальной компьютерной сети. Пример для администативного VLAN (10):

/interface bridge add name=bridge\_vlan vlan-filtering=yes

/interface vlan add name=vlan-admin vlan-id=10 interface= bridge\_vlan disabled=no

/ip address add address=198.46.181.1/28 interface=vlan-admin

/ipv6 address add address=2001:67c:2268:10::1000/64 interface=vlan-admin

Конфигурация имеет аналогичный вид для остальных VLAN.

### 3.13.2 Конфигурация маршрутизатора

Интерфейсы ether1 и ether2 на муршрутизаторе идут к коммутаторам на интерфейсы ether1 в каждом. Настроим эти интерфейсы для .

/interface bridge vlan add bridge=bridge vlan-ids=10,20,30 tagged=ether1,ether2,bridge

Конфигурация VLAN для беспроводных интерфейсов.

/interface bridge vlan add bridge=bridge\_vlan untagged=wlan1 vlan-ids=20

/interface wireless set wlan1 ssid="Your\_SSID" security-profile=default

### 3.13.3 Конфигурация интерфейсов коммутаторов

К коммутатору Switch 1 подключены две рабочие станции PC1, PC2 и сервер. Конфигурация портов данного коммутатора представлена ниже.

/interface bridge add name=bridge vlan-filtering=yes

/interface bridge vlan add bridge=bridge vlan-ids=10,20,30 tagged=ether1,bridge  
  
/interface bridge port

add bridge=bridge interface=ether2 pvid=10

add bridge=bridge interface=ether3 pvid=10

add bridge=bridge interface=ether4 pvid=30

К коммутатору Switch 2 подключена рабочая станция PC3, принтер, проектор и сервер. Конфигурация портов данного коммутатора представлена ниже.

/interface bridge add name=bridge vlan-filtering=yes

/interface bridge vlan add bridge=bridge vlan-ids=10,20,30 tagged=ether1,brid  
  
/interface bridge port

add bridge=bridge interface=ether2 pvid=10

add bridge=bridge interface=ether3 pvid=10

add bridge=bridge interface=ether4 pvid=10

add bridge=bridge interface=ether5 pvid=30

### 3.13.4 Конфигурация DHCP и DHCPv6

Чтобы не назначать всем устройствам статические адреса необходима настройка DHCP и DHCPv6 на маршрутизаторе. При этом должны быть учтены адреса, которые не должны находится в пуле для распределения: адреса станций, владельцам которых необходим статический адрес, адреса подинтерфейсвов маршрутизатора. Пример настройки для беспроводного VLAN (20):

/ip pool add name=dhcp\_pool\_wireless ranges=198.46.181.17-198.46.181.30

/ip dhcp-server add name=dhcp\_wireless interface=vlan-wireless address-pool=dhcp\_pool\_wireless disabled=no

/ipv6 pool add name=dhcpv6\_pool\_wireless prefix=2001:67c:2268:20::/64

/ipv6 dhcp-server add name=dhcpv6\_wireless interface=vlan-wireless address-pool=dhcpv6\_pool\_wireless disabled=no

Настройка DHCP и DHCPv6 предусмотрена только для беспроводного VLAN. Для административного VLAN адреса включённых в него устройств назначены в ручном режиме.

### 3.13.5 Конфигурация RSTP

Настройка RSTP [7] (Rapid Spanning Tree Protocol) между двумя коммутаторами Switch 1 и Switch 2 по интерфейсу ether8 позволяет создать резервное соединение, чтобы предотвратить сетевые петли и обеспечить восстановление сети в случае отказа одного из соединений.

Ниже представлена пошаговая настройка для обоих коммутаторов.

Можно задать более низкий приоритет для ether8 на Switch **2**, чтобы путь через Switch 1 считался основным.

/interface bridge add name=bridge\_vlan vlan-filtering=yes protocol-mode=rstp

/interface bridge port add bridge=bridge\_vlan interface=ether8

/interface bridge vlan add bridge=bridge\_vlan tagged=ether8 vlan-ids=10,20,30

/interface bridge port set [find interface=ether8] priority=0x80

В данной конфигурации порты ether8 на обоих коммутаторах участвуют в RSTP. Если одно из соединений перестанет работать, RSTP мгновенно переориентирует трафик через другой активный порт.

Также требуется настройка RSTP на портах ether1 и ether2 маршрутизатора, чтобы маршрутизатор мог участвовать в определении оптимальных путей в сети и предотвратить возникновение петель в случае сбоя одного из соединений.

/interface bridge add name=bridge-rstp protocol-mode=rstp

Это создаст мост (bridge), который будет управлять портами и участвовать в протоколе RSTP. Добавляем интерфейсы ether1 и ether2 в этот bridge.

/interface bridge port

add bridge=bridge-rstp interface=ether1

add bridge=bridge-rstp interface=ether2

Можно задать приоритеты портов, как это делается на коммутаторах, если нужно управлять тем, какой интерфейс будет основным или резервным:

/interface bridge port

set [find interface=ether1] priority=0x80

set [find interface=ether2] priority=0xC0

### 3.13.6 Конфигурация RADIUS-сервер

MikroTik предлагает встроенный RADIUS-сервер с использованием пакета **User Manager**, который можно установить и настроить. User Manager управляет пользователями, и информация может быть использована для авторизации и учета их действий в сети. **Пакет User Manager** можно загрузить с сайта MikroTik для маршутизатора.

После установки User Manager, откройте его через веб-интерфейс http:// 198.46.181.41/userman. Добавим администратора:

/tool user-manager customer add login="admin" password="mypassword" permissions=owner

Создать пользователя можно как через веб-интерфейс, так и используя CLI.

/tool user-manager user add customer=admin username=user1 password=password123

**customer=admin -** указывает владельца учетной записи (в данном случае admin).

Для PPP-сервисов, после создания пользователя в User Manager, требуется включить использование RADIUS.

/ppp profile set default use-radius=yes

### 3.13.7 Конфигурация веб-сервера

Для работы с сервером установим на него ОС Linux. Добавим настройку статических адресов. Так как к серверу подходят интерфейсы от каждого из коммутаторов, на сервере необходимо настроить Bonding:

sudo apt-get install ifenslave.

auto bond0

iface bond0 inet static

address 198.46.181.33

netmask 255.255.255.240

gateway 198.46.181.16

dns-nameservers 8.8.8.8 8.8.4.4

bond-slaves eth0 eth1

bond-mode active-backup

bond-miimon 100

iface bond0 inet6 static

address 2001:67c:2268:30::17

netmask 64

gateway 2001:67c:2268:30::1

В файлах ifcfg-eth0 и ifcfg-eth1 необходимо добавить:

DEVICE=eth0

MASTER=bond0

SLAVE=yes

DEVICE=eth1

MASTER=bond0

SLAVE=yes

Сохраним файлы конфигурации и перезапустим сетевые службы:

sudo systemctl restart networking

Теперь сервер будет использовать один IP-адрес, и в случае выхода из строя одного из коммутаторов трафик будет автоматически перенаправлен через другой коммутатор благодаря настроенному Bonding и RSTP. Убедитесь, что ваши коммутаторы также настроены для поддержки данного режима.

Чтобы ограничить доступ к серверу только для 50 внутренних пользователей из определенной сети, можно использовать несколько методов. Один из наиболее эффективных способов — настроить брандмауэр и использовать правила маршрутизации. Можно использовать iptables (на Linux) или другой брандмауэр для ограничения доступа к серверу. Разрешим доступ к серверу их внутренней сети, используя iptables.

sudo iptables -A INPUT -s 43.69.0.0/26 -j ACCEPT

sudo iptables -A INPUT -s 198.46.181.0/26 -j ACCEPT

sudo iptables -A INPUT -j DROP

sudo iptables-save | sudo tee /etc/iptables/rules.v4

В данном случае предполагается, что внутренние пользователи находятся в том же здании, что и ЦОД. Следовательно используется диапазон адресов, как и для всего здания.

## 3.14 Экспорт рабочих столов

Одним из условий заказчика является возможность экспорта рабочих столов. Данная функциональность будет реализована программно.

В качестве программы для возможности обеспечения экспорта рабочего стола была выбрана TeamViewer [8]. TeamViewer – это программное обеспечение, предназначенное для удаленного доступа, управления и обмена данными между компьютерами. TeamViewer позволяет устанавливать соединение между различными операционными системами. Программа также обеспечивает безопасное соединение через шифрование данных, что важно для обеспечения конфиденциальности информации. Для начала использования данного программного обеспечения необходимо выполнить установку, затем авторизоваться в системе под учетной записью, после чего приложение будет готово к использованию. Для получения удаленного доступа к компьютеру пользователя, тот в свою очередь должен предоставить уникальный идентификатор и временный 26 пароль. Администратор вводит идентификатор и пароль в TeamViewer и нажимает кнопку «Подключиться». После этого TeamViewer устанавливает безопасное соединение между двумя компьютерами через Интернет. Таким образом, с помощью данной программы системный администратор или другие сотрудники центра обработки данных могут получить удаленный доступ к компьютерам компании, занимающейся программированием, для помощи и настройки различных служб.

Интерфейс программы представлен на рисунке 3.14.1.

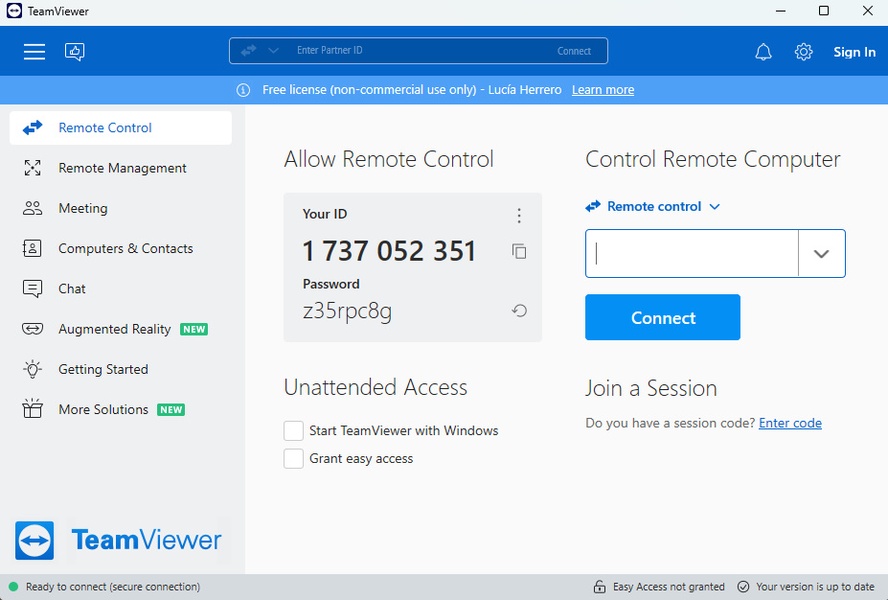


Рисунок 3.14.1 – Интерфейс программы TeamViewer

# 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННОЙ КАБЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

В данном разделе находится описание выбора кабелей, монтаж и размещение оборудования. В плане этажа указывается, как и где прокладывается кабель и установка розеток. План этажа представлен в приложении В. Перечень оборудования, изделий и материалов представлен в приложении Д.

## 4.1 План этажа

Проектируемая компьютерная сеть располагается в здании, которое выделяет этаж под центр обработки данных компании, занимающейся программированием. Общая площадь этажа составляет 40 квадратных метров. Этаж физически разделен на три части. Одна из них – это коридор, вторая – рабочее пространство, третья – серверная. Наибольшее по площади помещение – это рабочее пространство, так как в нем располагается основная часть сотрудников и рабочего оборудования. В серверной находится только серверное оборудование такое как беспроводной маршрутизатор, сервер, два коммутатора. Для удобства, данные устройства, кроме беспроводного маршрутизатора располагаются в серверном шкафу. Беспроводной модем присоединен к стене монтажным набором.

Рабочее пространство представляет из себя три пользовательские станции. В коридоре установлен принтер и проектор.

## 4.2 Размеры помещения

Общая площадь Т-образного помещения согласно заданию составляет 40 квадратных метров. Из них 28 квадратных метров – это серверная комната и рабочее пространство, а 12 квадратных метров – коридор. Серверная комната занимает 10 квадратных метров. Высота потолков в помещении – 4,5 метра.

## 4.3 Организация структурной кабельной системы

Кабель «витая пара» имеет несколько категорий, нумеруемых от 1 до 8, которые определяют эффективный пропускаемый частотный диапазон. Пропускную способность в 10 Гбит/с на расстоянии менее 100 метров гарантирует витая пара категории 6а и выше. Пропускная способность Gigabit Ehternet составляет 1 Гбит/с. Для соединений с данной пропускной способностью будет достаточно кабеля пятой категории. В рамках разрабатываемой инфраструктуры локальной компьютерной сети предусмотрена реализация кабельной системы, основанной на прокладке неэкранированной витой пары категории 5e в специальном кабельном коробе, предназначенном для установки вдоль стен помещений.

Соединения витой парой реализованы с коннекторами RJ­45, используемый тип обжима – прямой.

Кабельная линия в коробе перемещается по полу вдоль стены. Между серверной и рабочим помещением снизу в стене необходимо просверлить отверстие для того, чтобы короб можно было протянуть в рабочее помещение. Далее он перемещается по периметру комнаты.

Кабельная линия выходит из серверной комнаты, проходит почти по всему периметру рабочей комнаты и попадает в коридор.

Периметр рабочей комнаты составляет 11,5 метров. А также 3,3 метра кабеля понадобится для прокладки в коридоре.

Для трех рабочих станций понадобится 3 кабеля длиной 11,5 метров. А для принтера и проектора 2 кабеля длиной 14,8 метра. Следовательно общая длина кабеля в данной сети составит:

.

С учетом погрешностей и для запаса будет закуплено 100 метров кабеля категории 5e и 30 метров специального кабельного короба для прокладки кабеля.

Длиной проводных соединений в серверной комнате можно пренебречь.

По периметру рабочего помещения необходимо установить 3 информационные розетки, две информационные розетки в коридоре для подключения принтера и проектора.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения курсовой работы была разработана локальная компьютерная сеть для центра обработки данных компании, занимающейся программированием. Также были получены практические и теоретические знания и навыки проектирования локальной компьютерной сети.

После тщательного исследования рынка сетевого оборудования, стандартов и требований, а также рассмотрения различных источников информации, в том числе документации и рекомендаций производителей, была разработана структурная, функциональная схемы, и план здания для центра обработки данных корпоративной единицы, специализирующейся на программном обеспечении.

В ходе проектирования сетевой инфраструктуры для данного коммерческого центра обработки данных был сделан акцент на использование сетевого оборудования от компании MikroTik, с основным элементом в виде беспроводного маршрутизатора. Определенные компоненты сети, хотя и не всегда являлись самыми дешевыми, были рационально обоснованы с учетом обеспечения высокой производительности и эффективности сети в рамках коммерческой деятельности центра обработки данных компании, специализирующейся на программировании. В контексте беспроводного маршрутизатора от MikroTik, проектирование сети предусматривало максимальное использование его функциональных возможностей для обеспечения стабильной связи, эффективного управления трафиком и обеспечения безопасности сетевых соединений в рамках корпоративного центра обработки данных.

Важным аспектом является гибкость архитектуры сети, чтобы обеспечить возможность расширения при необходимости, минимизируя при этом затраты на новое сетевое оборудование.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

[1] Официальный сайт компании Oracle [Электронный ресурс]. – Oracle Database – Режим доступа: https://www.oracle.com/database/ – Дата доступа: 9.10.2024

[2] Официальный сайт Белорусского института системного анализа и информационного обеспечения научно-технической сферы [Электронный ресурс]. – Современные технологии реализации скоростных каналов связи на уровне «последней мили» – Режим доступа: http://belisa.org.by/ru/izd/stnewsmag/2\_2007/art9\_6\_2007.html – Дата доступа: 12.10.2022

[3] Официальный сайт компании MikroTik [Электронный ресурс]. – MikroTik Routers and Wireless: Hardware –

[4] Официальный сайт компании Mikrotik [Электронный ресурс]. – Mikrotik Chateau LTE12 – Режим доступа: https://mikrotik.com/product/chateau\_lte12 – Дата доступа: 10.12.2024

Режим доступа: https://mikrotik.com/products – Дата доступа: 09.11.2024

[5] Официальный сайт компании СОБ [Электронный ресурс]. – ШТК-СП-42.6.10-44АА-9005 (монтажный шкаф)– Режим доступа: <http://www.sob.by/lvs_price_t.php?CAT_ID=808&CID=4271&ID=52953> – Дата доступа: 10.12.2024

[6] Официальный сайт компании Mikrotik [Электронный ресурс]. – коммутатор CRS326-24G-2S+RM – Режим доступа: https://mikrotik.com/product/CRS326-24G-2SplusRM – Дата доступа: 11.10.2024

[7] Mikrotik Training [Электронный ресурс]. – Spanning Tree Protocol в Mikrotik – Режим доступа: https://mikrotik.com/product/CRS326-24G-2SplusRM – Дата доступа: 11.10.2024

[8] TeamViwer remote [Электронный ресурс]. — Режим доступа : https://www.teamviewer.com/ru­cis/products/remote/. — Дата доступа : 25.11.2024.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

(Обязательное)

Схема СКС структурная

# ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(Обязательное)

Схема СКС функциональная

# ПРИЛОЖЕНИЕ В

(Обязательное)

План этажа. Схема монтажная

# ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(Обязательное)

Перечень оборудования, изделий и материалов

# ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(Обязательное)

Ведомость документов