

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	6
1.1 Обзор производителей активного сетевого оборудования.....	6
1.2 Multigigabit Ethernet	7
1.3 Работоспособность беспроводной сети при скоплении людей.....	7
2 СТРУКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ.....	8
2.1 Уточнения требований к сети.....	8
2.1.1 Количество стационарных пользователей и стационарных подключений	8
2.2 Описание структурных блоков.....	8
2.2.1 Internet	8
2.2.2 Маршрутизатор	9
2.2.3 Коммутатор.....	9
2.2.4 Точка доступа	9
2.2.5 Мобильные устройства	10
2.2.6 Интерактивные доски	10
2.2.8 Принтеры	10
2.2.7 Персональные компьютеры	10
3 ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	11
3.1 Выбор пользовательских станций.....	11
3.2 Выбор принтеров	12
3.3 Выбор интерактивных досок	13
3.4 Выбор основного производителя активного сетевого оборудования	15
3.5 Выбор маршрутизатора	15
3.7 Выбор беспроводной точки доступа.....	18
3.8 Схема адресации	19
3.8.1 Внешняя адресация IPv4	20
3.8.2 Внутренняя адресация IPv4	20
3.8.3 Адресация IPv6.....	22
3.9 Настройка оборудования.....	23
3.9.1 Настройка маршрутизатора	23
3.9.2 Настройка L2 коммутаторов.....	23
3.9.3 Настройка беспроводных точек доступа	26
3.9.4 Настройка рабочих станций.....	27
3.9.5 Настройка принтеров.....	28
3.9.6 Настройка интерактивных досок	28
4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННОЙ КАБЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ	30
4.1 Описание этажей	30
4.2 Выбор сетевого шкафа	30
4.3 План прокладки кабельных линий	31
4.4 Выбор монтажных элементов.....	32

4.5 Анализ качества покрытия беспроводной сетью.....	33
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	35
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	36
ПРИЛОЖЕНИЕ А Схема СКС структурная	40
ПРИЛОЖЕНИЕ Б Схема СКС функциональная	41
ПРИЛОЖЕНИЕ В Конфигурация маршрутизатора.....	42
ПРИЛОЖЕНИЕ Г План здания	43
ПРИЛОЖЕНИЕ Д Перечень оборудования, изделий и материалов	44
ПРИЛОЖЕНИЕ Е Ведомость документов	45

ВВЕДЕНИЕ

В условиях стремительного развития технологий и повсеместного внедрения цифровых решений, эффективность работы любой организации во многом зависит от качества её IT-инфраструктуры. Современные компании и учебные заведения всё больше опираются на компьютерные сети для поддержания внутренних процессов, что позволяет оптимизировать взаимодействие сотрудников и предоставлять им своевременный доступ к необходимым ресурсам. Построение стабильной и безопасной сети становится ключевым фактором в повышении производительности и удовлетворения нужд пользователей.

Сетевые решения должны учитывать не только текущие, но и перспективные задачи. Это включает в себя масштабируемость сети, возможность её расширения и интеграцию новых технологий по мере их появления. Грамотно спроектированная архитектура позволяет легко адаптировать сеть к растущим нагрузкам, что особенно важно для организаций, в которых количество пользователей и устройств может значительно варьироваться со временем.

На первом этапе проекта будет проведено изучение требований заказчика, чтобы определить особенности проектируемой сети, включая количество пользователей и необходимые услуги. Далее будет разработана концептуальная структура локальной сети, включая подсетевые схемы и протоколы.

После этого предполагается проектирование физической структуры сети, в том числе выбор оборудования и проектирование кабельной инфраструктуры. Особое внимание будет уделено вопросам надежности и безопасности, а также возможности удаленного администрирования.

Цель данного проекта – разработка локальной компьютерной сети, отвечающей требованиям организации. Для достижения данной цели необходимо выполнить следующие задачи:

1. Ознакомиться с требованиями проектируемой сети.
2. Изучить новые технологии и план здания организации.
3. Спроектировать структурную и функциональную структуры сети.
4. Подобрать и сконфигурировать необходимое оборудование.
5. Разработать меры по безопасности сети и её надежности.
6. Спроектировать план структурированной кабельной системы.

1 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Обзор производителей активного сетевого оборудования

Оборудование одного из лидеров рынка, Cisco [1], отличается высокой производительностью, надежностью и поддержкой передовых технологий, что делает его отличным выбором для крупных корпоративных клиентов. Однако высокая цена продукции Cisco может быть неподъемной для учебных заведений с ограниченными финансовыми возможностями. Этот фактор делает оборудование Cisco менее привлекательным для университетов с ограниченным бюджетом.

Продукция MikroTik [2] ориентирована на малый и средний бизнес. Она привлекает своей гибкостью и возможностью детальной настройки. Оборудование MikroTik отлично подходит для сетей, где требуется высокая степень кастомизации, однако интерфейсы управления могут быть сложными для пользователей без опыта. Хотя цены на продукцию MikroTik более доступные, этот бренд не всегда предоставляет простоту в использовании, что может создать сложности в эксплуатации.

Для крупных предприятий и образовательных учреждений с большими требованиями к масштабируемости и безопасности наилучшим выбором может стать Aruba HPE [3]. Это оборудование поддерживает новейшие технологии и обеспечивает высочайший уровень безопасности. Однако для бюджетных образовательных сетей продукция Aruba будет значительно дороже, что делает ее менее привлекательной для университета с ограниченными финансовыми средствами.

Allied Telesis [4] предлагает хорошие решения для малых и средних предприятий с достойным соотношением цена-качество. Однако функциональные возможности данного оборудования могут быть ограничены по сравнению с более дорогими брендами, что делает его менее подходящим для больших или очень требовательных сетей. Тем не менее, для некоторых образовательных учреждений с ограниченными требованиями оно может стать достойным выбором.

Доступность и простота эксплуатации продукции D-Link [5] делает этот бренд привлекательным для бюджетных сетей. Оборудование D-Link поддерживает необходимые функции для создания эффективной сети в образовательных учреждениях. Цена продукции D-Link делает его оптимальным выбором для учебных заведений с ограниченным бюджетом, предлагая хорошие характеристики по более доступной стоимости.

Продукция Zyxel [6] сочетает в себе конкурентоспособные цены и достойные функциональные возможности. Она идеально подходит для создания малых и средних сетей и включает все необходимые функции для масштабируемости. Однако для более крупных сетей с высокими требованиями Zyxel может не всегда удовлетворять нужды, так как имеет ограниченную функциональность по сравнению с более дорогими брендами.

TP-Link [7] предоставляет отличное соотношение цены и качества. Его решения поддерживают все необходимые функции, что идеально подходит для создания стабильной и недорогой сети.

1.2 Multigigabit Ethernet

Технология Multigigabit Ethernet (MGE) [8] предназначена для передачи данных на скоростях выше 1 Гбит/с по существующей кабельной инфраструктуре. Это особенно актуально для сетей, использующих медные кабели категории Cat5e и Cat6, которые ранее были рассчитаны на скорости до 1 Гбит/с. MGE поддерживает скорости 2,5, 5 и 10 Гбит/с, что позволяет существенно увеличить пропускную способность сети без полной замены кабельной системы.

Технология Multigigabit Ethernet обеспечивает обратную совместимость с оборудованием, поддерживающим стандарт Gigabit Ethernet, что делает её более гибкой и экономически выгодной для модернизации сетей. Важной характеристикой MGE является использование протокола IEEE 802.3bz, который регулирует передачу данных на скоростях 2.5G и 5G, а также Power over Ethernet (PoE), что позволяет передавать электричество вместе с данными по тем же кабелям.

1.3 Работоспособность беспроводной сети при скоплении людей

Для обеспечения надежности беспроводной сети в условиях скопления людей необходимо использовать несколько ключевых подходов.

Во-первых, важно разместить несколько точек доступа с перекрывающимися зонами покрытия, что позволяет равномерно распределить нагрузку и избежать перегрузки одной точки. Современные протоколы Wi-Fi, такие как Wi-Fi 5 и Wi-Fi 6, обеспечивают высокую производительность при большом числе подключений благодаря технологиям MU-MIMO и OFDMA, которые позволяют устройствам одновременно отправлять и получать данные.

Разделение частотных диапазонов 2.4 GHz и 5 GHz также помогает снизить нагрузку, распределяя подключенные устройства между этими диапазонами. При этом диапазон 5 GHz обычно обеспечивает более высокую скорость и меньшую загруженность. Оптимизация использования каналов, включая автоматическую настройку для предотвращения помех, также повышает качество соединения.

Балансировка нагрузки между точками доступа позволяет равномерно распределять подключенные устройства по менее загруженным зонам. Настройка приоритизации трафика с помощью QoS (Quality of Service) позволяет поддерживать стабильную работу критически важного трафика, например видеоконференций, даже при высоком количестве подключений.

Информация о данных подходах получена из источника [9].

2 СТРУКТУРНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

В данном разделе рассматривается структура проектируемой локальной компьютерной сети, схема которой приведена в приложении А.

2.1 Уточнения требований к сети

В процессе проектирования сети для кафедры университета были выявлены дополнительные требования, которые необходимо учесть для обеспечения корректной работы инфраструктуры. На этапе анализа исходного технического задания и расчета нагрузки было уточнено несколько требований.

2.1.1 Количество стационарных пользователей и стационарных подключений

Изначально было заявлено, что количество мобильных подключений составит 10, а количество стационарных подключений не определено, но их должно быть на 5 больше, чем стационарных пользователей.

В нашем случае площадь одного этажа равна 240 м². После анализа плана здания (приложение Г) было установлено, что полезная площадь для размещения пользователей составляет 161 м².

Площадь одного рабочего места для пользователей компьютеров, как правило, должна составлять от 4,5 до 6 м² [10].

Рассчитать количество рабочих мест можно, разделив полезную площадь на площадь одного рабочего места. Используя площадь в 4,5 м²/рабочее место и полезную площадь в 161 м², получим максимальное количество рабочих мест, равное 35:

Таким образом, на одном этаже можно разместить до 35 пользователей в зависимости от нормы на одно рабочее место.

С учетом плана здания (приложение Г) и планировки помещений было решено, что на третьем этаже будут размещаться 28 стационарных пользователей, а на девятом – 20.

2.2 Описание структурных блоков

2.2.1 Интернет

В соответствии с условиями, локальная сеть будет использовать статический внешний IPv4-адрес, а для приватной подсети применяться внутренняя адресация IPv4. Для доступа в интернет выделена подсеть из блока IP-адресов, предназначенных для использования в Беларуси. Интернет обеспечивает подключение к внешним ресурсам, облачным сервисам и другим удалённым сетям. Доступ к интернету является важнейшим элементом сети, поскольку он позволяет сотрудникам получать доступ к необходимым для

работы внешним данным и взаимодействовать с клиентами и партнёрами через интернет.

2.2.2 Маршрутизатор

Для надёжного функционирования локальной сети, которая будет разделена на несколько виртуальных подсетей (VLAN), а также для обеспечения доступа к интернету, требуется сетевое оборудование, поддерживающее IP-маршрутизацию на третьем уровне модели OSI.

Эту функцию может выполнять как L3-коммутатор, так и маршрутизатор. В проектируемой сети L3-коммутатор будет не будет предпочтительным по следующим причинам:

- рассчитанная сеть является относительно небольшой;
- основной трафик не проходит между сегментами внутри локальной сети (между VLAN);
- не требуется высокая пропускная способность между внутренними сегментами с минимальной задержкой;
- требуется построить бюджетную сеть.

Для данной сети, где основной трафик будет проходить через интернет (обучение программированию, доступ к внешним ресурсам, удалённое администрирование) и пользователей не так много, маршрутизатор будет более простым и подходящим выбором.

В описании проекта и на структурной схеме для обозначения выбранного устройства используется термин «маршрутизатор».

2.2.3 Коммутатор

Коммутатор будет играть центральную роль в передаче данных внутри сети, он будет анализировать MAC-адреса подключённых устройств и передавать данные только на те порты, которым они предназначены. Это позволит эффективно управлять передачей данных и минимизировать избыточный трафик.

Кроме того, коммутатор позволит создавать виртуальные локальные сети, что полезно для сегментации сети. Это повысит уровень безопасности и упростит управление сетью, позволяя изолировать трафик различных групп устройств.

Коммутатор является ключевым элементом для подключения проводных устройств, а беспроводные устройства могут подключаться к локальной сети через точки доступа, подключённые к коммутатору.

2.2.4 Точка доступа

Точки беспроводного доступа служат для подключения мобильных устройств к локальной сети. Они играют роль связующего звена между мобильными устройствами, такими как смартфоны, планшеты и ноутбуки, а также стационарными устройствами, такими как интерактивные доски, и коммутатором.

2.2.5 Мобильные устройства

К мобильным устройствам, упомянутым в данном разделе, относятся все устройства, использующие беспроводное подключение для доступа к локальной сети через точки доступа. Эти устройства включают в себя смартфоны, планшеты, ноутбуки и другие подобные устройства, которые используют беспроводные сети для получения доступа к ресурсам и сервисам, предоставляемым в локальной сети.

2.2.6 Интерактивные доски

Интерактивные доски являются важной частью образовательной и рабочей среды, позволяя проводить презентации, лекции и другие виды взаимодействия в интерактивном формате.

Эти устройства могут подключаться к локальной сети как по проводному соединению через Ethernet, так и беспроводным способом через Wi-Fi, в зависимости от требований и возможностей конкретного помещения. Подключение через точки доступа обеспечивает гибкость в размещении досок, что позволяет легко интегрировать их в разные участки здания без необходимости прокладки дополнительных кабелей.

Интерактивные доски взаимодействуют с другими устройствами, такими как персональные компьютеры и мобильные устройства, предоставляя возможность совместной работы, отображения мультимедийного контента и интеграции с различным программным обеспечением, что делает их незаменимыми в учебных и рабочих процессах.

2.2.8 Принтеры

Принтеры выполняют ключевую функцию в рабочем процессе, предоставляя пользователям возможность печати разнообразных документов, таких как отчеты, графические материалы, учебные пособия и справочные материалы. В локальной сети они подключаются через персональные компьютеры и управляются централизованно, что позволяет эффективно организовать работу с печатными заданиями.

2.2.7 Персональные компьютеры

Персональные компьютеры составляют основную часть стационарных устройств, подключенных к сети через коммутатор. Эти устройства используются как для выполнения повседневных задач сотрудников, так и для административных нужд.

В состав административных станций входят компьютеры, предназначенные для настройки и мониторинга сетевого оборудования. Компьютеры этих двух категорий объединены в единую инфраструктуру, что позволяет централизованно управлять доступом к различным ресурсам и поддерживать высокий уровень безопасности и производительности.

3 ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

В данном разделе рассматривается функциональное проектирование локальной компьютерной сети, схема которой приведена в приложении Б.

3.1 Выбор рабочих станций

При выборе пользовательских станций для сети кафедры необходимо учитывать ключевые параметры, обеспечивающие производительность и совместимость с сетью. В таблице 3.1 представлены критерии выбора рабочих станций.

Таблица 3.1 – Критерии выбора рабочих станций

Параметр	Значение
Оперативная память	DDR4, от 8 ГБ
Накопитель	SSD, от 256 ГБ
Видеопамять	От 2 ГБ
Интерфейсы	USB, Gigabit Ethernet
Стоимость	Бюджетный

Выбор системного блока предпочтителен по сравнению с моноблоком, так как системные блоки проще модернизировать и обслуживать, что важно для долговечности и экономии при ограниченном бюджете.

По выдвинутым требованиям в таблице 3.2 представлено сравнение персональных компьютеров (ПК) от производителя «Стрит-Лаб».

Таблица 3.2 – Сравнение пользовательских станций от «Стрит-Лаб»

Характеристика	MultiOffice 5R36D16S48G73M	MultiOffice 5C104FD8S24G103M5
Процессор	AMD Ryzen 5 3600, (6 ядер, 3600 МГц)	Intel Core i5 10400F (6 ядер, 2900 МГц)
Оперативная память	DDR4, 16 ГБ, 2666 МГц	DDR4, 16 ГБ, 2666 МГц
Накопитель	SSD, 480 ГБ	SSD 240 ГБ
Видеокарта	NVIDIA GeForce GT 730, 2 ГБ	NVIDIA GeForce GT 1030, 2 ГБ
Блок питания, Вт	500	500
USB 2.0	2 шт.	2 шт.
USB 3.2 Gen1 Type-A (5 Гбит/с)	4 шт.	4 шт.
LAN	1 Gigabit Ethernet	1 Gigabit Ethernet
VGA (RGB)	Да	Нет
Цена, USD	360	395

Информация о компьютерах компании «Стрит-Лаб» была взята из источников [16, 17].

Первый компьютер выгоднее с точки зрения соотношения цены и производительности. Он оснащён более мощным процессором и большим

объёмом SSD, что увеличивает скорость работы и объём хранимых данных. Второй компьютер, несмотря на более современную видеокарту, не оправдывает свою более высокую цену из-за меньшего объёма SSD и менее производительного процессора. В итоге, MultiOffice 5R36D16S48G73M является лучшим выбором для бюджетной сети.

Операционная система Windows была выбрана как основная благодаря её совместимости с большинством программ, используемых на кафедре. Она поддерживает различные языки программирования и среды разработки. Также предусмотрено использование Linux на нескольких станциях для обучения студентов альтернативным системам и инструментам разработки. Этот подход обеспечит гибкость в учебном процессе и познакомит студентов с разными ОС и средами разработки.

На функциональной схеме пользовательские станции имеют позиционные номера PC3.1 – PC3.28 (для третьего этажа) и PC9.1 – PC9.20 (для девятого этажа).

3.2 Выбор принтеров

При выборе принтера для университетской сети необходимо учитывать несколько ключевых факторов, чтобы обеспечить эффективность и экономичность. В таблице 3.3 представлены критерии выбора принтеров.

Таблица 3.3 – Критерии выбора принтеров

Параметр	Значение
Технология печати	Лазерный
Тип печати	Черно-белый
Интерфейсы	USB
Скорость печати	От 20 страниц в минуту
Разрешение печати	От 600 × 600 dpi
Ресурс картриджей	1500 страниц
Стоимость	Бюджетный

Сравнение различных моделей принтеров представлено в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Сравнение принтеров разных производителей

Характеристика	Принтер Pantum P2500NW	Принтер Samsung SL-M4020ND
1	2	3
Тип печати	Черно-белый	Черно-белый
Технология печати	Лазерный	Лазерный
Скорость ч/б печати, стр/мин	22	40
Объём ОЗУ, МБ	128	256
Автоматическая двусторонняя печать	Нет	Да
Максимальное разрешение, dpi	1200 × 1200	1200 × 1200
Уровень шума при работе, дБ	52	57

Продолжение таблицы 3.4

1	2	3
Вместимость входных/выходных лотков	150/100	300/151
Ресурс ч/б картриджа в комплекте, страницы	1600	3000
USB	1 шт.	1 шт.
Wi-Fi	Да (802.11n, 802.11g, 802.11b)	Нет
Цена, USD	120	115

Информация о принтерах получена из источников [18, 19].

Для проектируемой сети лучший выбор – принтер Samsung SL-M4020ND.

Во-первых, скорость печати у Samsung составляет 40 страниц в минуту, что почти вдвое выше, чем у Pantum P2500NW. Это позволяет быстрее справляться с большими объемами работы, что важно в сетевой среде с множеством пользователей.

Во-вторых, ресурс картриджа у Samsung значительно больше, что позволит дольше использовать принтер без необходимости частой замены расходников, что снижает затраты и время на обслуживание.

Кроме того, поддержка автоматической двусторонней печати у Samsung SL-M4020ND даст возможность экономить бумагу и упростит процесс печати больших документов, что особенно полезно для образовательных учреждений.

При этом Samsung имеет больше оперативной памяти, что позволяет эффективнее обрабатывать сложные задания на печать. Разница в цене минимальна, что делает Samsung SL-M4020ND более выгодным с точки зрения функционала и производительности.

На функциональной схеме принтеры имеют позиционные номера PR3.1 (для третьего этажа) и PR9.1 – PR9.4 (для девятого этажа).

3.3 Выбор интерактивных досок

При выборе интерактивной доски для учебных заведений важно учитывать несколько факторов. Требования для выбора интерактивных досок перечислены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Критерии выбора интерактивных досок

Параметр	Значение
1	2
Диагональ экрана, дюймы	От 65
Интерфейсы	USB
Скорость курсора, точек/с	От 200
Время отклика сенсора, мс	< 10
Количество точек касания	От 10
Стоимость	Бюджетная

Кроме перечисленного в таблице 3.5, совместимость с операционными системами и наличие образовательного ПО упрощает использование. Прочность конструкции и защита экрана продлят срок службы оборудования. Также следует учитывать простоту настройки и управления, чтобы доску можно было легко адаптировать для занятий.

В таблице 3.6 приведено сравнение интерактивных досок разных производителей.

Таблица 3.6 – Сравнение интерактивных досок разных производителей

Характеристика	TechnoBoard 82	IQBoard RPT097
Диагональ экрана, дюймы	82	97
Размер проецируемого изображения, мм	1608,15 × 1128,15	1797 × 1305
Форматное соотношение	4:3	16:10
Разрешение сенсора	32768 × 32768	32768 × 32768
Скорость курсора, точек/с	180	480
Время отклика сенсора, мс	8	6
Количество точек касания	10	10
Поверхность доски	Металлокерамическая ударопрочная	Антибликовая
Применяемая технология	Инфракрасная	Сенсорно аналого-резистивная
Интерфейс подключения	USB 2.0, USB 3.0	USB 2.0, USB 3.0
Операционная система	Windows, MacOS	Windows, Linux, MacOS
Цена, USD	525	670

Информация об интерактивных досках была получена из источников [20, 21].

Из представленных интерактивных досок для проектируемой сети наиболее подходящей будет IQBoard RPT097, несмотря на её более высокую стоимость.

IQBoard RPT097 имеет преимущество благодаря большему размеру проецируемого изображения, что обеспечивает лучшее восприятие информации, особенно в крупных аудиториях. Она также поддерживает форматное соотношение 16:10, который более удобен для современных презентаций и мультимедиа материалов. Скорость курсора у этой модели выше, что делает её более отзывчивой и быстрой в использовании. Время отклика сенсора также меньше, что обеспечивает более плавную работу.

Хотя TechnoBoard 82 имеет металлокерамическую ударопрочную поверхность, что может быть полезно для долговечности, у IQBoard антибликовая поверхность, что особенно важно для предотвращения отражений при ярком освещении.

Кроме того, IQBoard поддерживает больше операционных систем, что делает её более универсальной в образовательной среде, где могут использоваться разные платформы.

На функциональной схеме интерактивные доски имеют позиционные номера ID3.1 – ID3.2 (для третьего этажа) и ID9.1 (для девятого этажа).

3.4 Выбор основного производителя активного сетевого оборудования

При выборе производителя сетевого оборудования важно учитывать стоимость, функциональность, совместимость и масштабируемость. Также необходимо учитывать размер сети, поддержку оборудования и требования заказчика. Некоторые производители предлагают продукцию, которая идеально подходит для образовательных учреждений благодаря хорошему соотношению цены и качества.

Так как заказчик не определился с производителем, этот выбор следует сделать самостоятельно. Оборудование одного производителя обеспечивает ключевые преимущества: максимальная совместимость устройств, централизованное управление и простоту обслуживания.

Использование устройств из одной экосистемы упрощает настройку и минимизирует проблемы совместимости, улучшая производительность сети. Централизованные системы управления позволяют отслеживать и настраивать сеть из единого интерфейса, что особенно важно для стабильной работы образовательной сети.

Также производители предлагают регулярные обновления прошивок, что улучшает безопасность и производительность сети. Однородное оборудование упрощает этот процесс и снижает затраты на обучение сотрудников, так как требуется работать с одной системой.

Для кафедры университета оптимальным выбором является TP-Link, благодаря отличному соотношению цены и функциональности, что соответствует требованиям доступности и стабильности сети. В случае необходимости можно рассмотреть другие бренды, но приоритетным останется выбор оборудования одного производителя для упрощения управления и эксплуатации.

3.5 Выбор маршрутизатора

При выборе маршрутизатора для кафедры университета важно учитывать несколько ключевых факторов, чтобы обеспечить стабильную работу сети и удовлетворить требования по производительности, безопасности и управляемости. В таблице 3.7 перечислены критерии выбора маршрутизатора.

Таблица 3.7 – Критерии выбора маршрутизатора

Параметр	Значение
Интерфейсы	Multigigabit Ethernet, Gigabit Ethernet
Управление	SSH, HTTPS, CLI
Поддержка IPv4 и IPv6	Да
Поддержка NAT, DHCP, 802.1Q	Да
Стоимость	Бюджетный

В данном проекте для оценки рассматривались маршрутизаторы TP-Link Omada ER8411 [11] и ER707-M2 [12] (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Сравнение маршрутизаторов компании TP-Link

Характеристика	Omada ER707-M2	Omada ER8411
Стандарты и протоколы	– IEEE 802.3/u/ab/z/x/q/bz; – TCP/IP, DHCP, ICMP, NAT, PPPoE, NTP, HTTP, HTTPS, DNS, IPsec, PPTP, L2TP, OpenVPN, SNMP, WireGuard, VLAN 802.1Q.	– IEEE 802.3/u/ab/z/x/q/bz; – TCP/IP, DHCP, ICMP, NAT, PPPoE, NTP, HTTP, HTTPS, DNS, IPsec, PPTP, L2TP, OpenVPN, SNMP, VLAN 802.1Q.
Облачный доступ	Да. Требуется аппаратный (OC300 или OC200), программный или облачный контроллер Omada	Да
Интерфейсы	– RJ45 WAN 2,5 Гбит/с (1 шт.); – RJ45 WAN/LAN 2,5 Гбит/с (1 шт.); – SFP WAN/LAN 1 Гбит/с (1 шт.); – RJ45 WAN/LAN 1 Гбит/с (4 шт.); – USB 2.0 (1 шт.).	– SFP+ WAN 10 Гбит/с (1 шт.); – SFP+ WAN/LAN 10 Гбит/с (1 шт.); – SFP WAN/LAN 1 Гбит/с (1 шт.); – RJ45 WAN/LAN 1 Гбит/с (8 шт.); – консольный порт RJ45 (1 шт.); – USB-порты для создания резервного подключения WAN через USB-модем 3G/4G (2 шт.).
Управление	Веб-интерфейс, CLI	Веб-интерфейс, CLI
Цена, USD	430	850

Из представленных маршрутизаторов TP-Link Omada ER707-M2 является оптимальным выбором для сети кафедры благодаря поддержке 2.5G Ethernet и централизованному управлению через платформу Omada. Этот маршрутизатор обеспечивает все необходимые функции, включая VPN, SPI Firewall и сегментацию сети через VLAN для защиты и эффективного управления трафиком.

В то же время ER8411, хоть и поддерживает 10G порты, избыточен для сети с умеренной нагрузкой, поскольку в условиях университета нет необходимости в столь высокой пропускной способности.

ER707-M2 предлагает сбалансированное решение по цене и функциям, делая его более экономичным и подходящим вариантом для учебной среды.

На функциональной схеме маршрутизаторы имеют позиционные номера RT9.1 (для девятого этажа).

3.6 Выбор L2 коммутатора

При выборе коммутатора для сети кафедры следует учитывать несколько факторов, перечисленные в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Критерии выбора L2 коммутатора

Параметр	Значение
Тип	Управляемый L2/L2+
Интерфейсы	Gigabit Ethernet, от 16 шт.
Пропускная способность	От 50 Гбит/с
Управление	SSH, HTTPS, CLI
Поддержка 802.1Q	Да
Агрегирование	Да
Стоимость	Бюджетный

Из предложенных моделей для сравнения (таблица 3.10) были выбраны L2-коммутаторы TP-Link: TL-SG3428XMP [13] и TL-SG3428MP [14].

Таблица 3.10 – Сравнение L2 коммутаторов компании TP-Link

Характеристика	JetStream TL-SG3428XMP	JetStream TL-SG3428MP
Интерфейсы	– RJ45 1 Гбит/с (24 шт.); – SFP+ 10G (4 шт.); – консольный порт RJ45 (1 шт.); – консольный порт Micro-USB (1 шт.).	– RJ45 1 Гбит/с (24 шт.); – SFP 1G (4 шт.); – консольный порт RJ45 (1 шт.); – консольный порт Micro-USB (1 шт.).
Функции L2 и L2+	Агрегирование каналов, STP, ERPS, обнаружение петель, управление потоком, зеркалирование	Агрегирование каналов, STP, обнаружение петель, управление потоком, зеркалирование
Коммутационная способность	120 Гбит/с	56 Гбит/с
Облачный доступ	Да (требуется аппаратный (OC300 или OC200), программный или облачный контроллер Omada)	Да (требуется аппаратный (OC300 или OC200), программный или облачный контроллер Omada)
Управление	Графический веб-интерфейс, интерфейс командной строки через консольный порт и telnet	Графический веб-интерфейс, интерфейс командной строки через консольный порт и telnet
Цена, USD	1100	690

После анализа двух моделей коммутаторов TP-Link – TL-SG3428XMP и TL-SG3428MP, оптимальным выбором для текущих потребностей сети является TL-SG3428MP. Эта модель обладает всеми необходимыми характеристиками для большинства офисных и малых бизнес-сетей, предлагая 24 порта PoE+ с мощностью 384 Вт, что достаточно для подключения множества PoE-устройств.

Также этот коммутатор предлагает необходимую функциональность по более выгодной цене по сравнению с моделью TL-SG3428XMP, которая имеет дополнительные возможности для 10G соединений, что может быть избыточным для сетей, не требующих такой пропускной способности.

Таким образом, TL-SG3428MP представляет собой сбалансированное решение, предлагая все необходимые функции для стабильной работы сети,

при этом оставаясь экономичным и достаточно мощным для решения текущих задач.

На функциональной схеме L2 коммутаторы имеют позиционные номера SW3.1 – SW3.4 (для третьего этажа) и SW9.1 – SW9.4 (для девятого этажа).

3.7 Выбор беспроводной точки доступа

При выборе беспроводной точки доступа для сети важно учитывать такие факторы, как пропускная способность и стабильная работа при скоплении людей. Точка доступа должна эффективно поддерживать высокие нагрузки и обеспечивать стабильное подключение для множества пользователей. Более конкретные требования для выбора беспроводной точки доступа описаны в таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Критерии выбора беспроводной точки доступа

Параметр	Значение
Wi-Fi	Wi-Fi 5
Управление	SSH, HTTPS, CLI
Одновременное количество подключений	> 10
Интерфейсы	Gigabit Ethernet
Стоимость	Бюджетная

Таким образом, для дальнейшего анализа (таблица 3.12) были выбраны модели TP-Link Omada EAP265 HD, EAP245 и EAP225 [15], которые обеспечивают стабильную работу в условиях плотного подключения, поддерживают централизованное администрирование и предлагают необходимый уровень безопасности.

Таблица 3.12 – Сравнение беспроводных точек доступа компании TP-Link

Характеристика	Omada EAP265 HD	Omada EAP245	Omada EAP225
1	2	3	4
Интерфейсы	2 гигабитных порта RJ-45 (один порт поддерживает PoE IEEE802.3af/at и Passive PoE)	2 гигабитных порта Ethernet (RJ-45) (поддержка IEEE802.3af PoE и пассивного PoE)	1 гигабитный порт Ethernet (RJ45) (поддержка IEEE802.3af PoE)
Максимальная площадь покрытия, м ²	140	140	115
Максимальное количество одновременных сеансов	640	220	220
Управление	Веб-интерфейс, SSH, облако	Веб-интерфейс, SSH, облако	Веб-интерфейс, SSH, облако
Стандарты Wi-Fi	IEEE 802.11ac/n/g/b/a	IEEE 802.11ac/n/g/b/a	IEEE 802.11ac/n/g/b/a

Продолжение таблицы 3.12

1	2	3	4
Тип и (или) количество антенн	Встроенные всенаправленные: – 2,4 ГГц: 3,5 дБи (3 шт.); – 5 ГГц: 4 дБи (3 шт.).	Встроенные всенаправленные: – 2,4 ГГц: 3,5 дБи (3 шт.); – 5 ГГц: 4 дБи (3 шт.).	Встроенные всенаправленные: – 2,4 ГГц: 4 дБи (3 шт.); – 5 ГГц: 5 дБи (2 шт.).
Скорость передачи	– 2,4 ГГц: 3×3 ММО, до 450 Мбит/с; – 5 ГГц: 3×3 ММО, до 1300 Мбит/с.	– 2,4 ГГц: 3×3 ММО, до 450 Мбит/с; – 5 ГГц: 3×3 ММО, до 1300 Мбит/с.	– 2,4 ГГц: 3×3 ММО, до 450 Мбит/с; – 5 ГГц: 2×2 ММО, до 867 Мбит/с.
Цена (USD)	230	185	165

Оптимальным выбором для проектируемой сети будет TP-Link Omada EAP245. Эта точка доступа поддерживает Wi-Fi 5 (802.11ac) и предлагает хорошую скорость, что идеально подходит для средних по размеру помещений или помещений с умеренной плотностью устройств. EAP245 поддерживает технологию MU-MIMO, что позволяет эффективно обслуживать несколько устройств одновременно, улучшая производительность.

В сравнении с EAP225, которая имеет более низкую скорость, EAP245 обеспечивает лучшую производительность и стабильность при увеличении числа подключений. EAP265 HD, хотя и мощнее, поддерживает более высокие скорости и имеет дополнительные возможности, но для большинства средних сетей эти функции избыточны и приведут к ненужным затратам.

На функциональной схеме беспроводные точки доступа имеют позиционные номера AP3.1 – AP3.4 (для третьего этажа) и AP9.1 – AP9.4 (для девятого этажа).

3.8 Схема адресации

Для сегментации сети будут использованы виртуальные локальные компьютерные сети. VLAN позволят построить на базе одной физической сети необходимое количество логических, причем логические сети будут существовать независимо друг от друга, что позволит фильтровать трафик в сети, направляя пакеты только в те сегменты, которым они предназначены.

В рамках данного проекта сеть кафедры будет разделена на 6 виртуальных сетей:

1. VLAN для администрирования – для управления и мониторинга сетевого оборудования. К административной подсети относятся: рабочие станции системного администратора, маршрутизатор, коммутаторы и беспроводные точки доступа. Также этот VLAN будет использоваться как VLAN для оригинального трафика.

2. VLAN для преподавателей и сотрудников кафедры – для изолированного доступа преподавателей к учебным и административным материалам, а также для лаборантов и вспомогательного персонала, обеспечивающий доступ к их специфическим ресурсам.

3. VLAN для студентов – для безопасного и контролируемого доступа студентов к учебным ресурсам и интернету.

4. VLAN для периферийных устройств – для общедоступных устройств, таких как принтеры и интерактивные доски, серверов.

5. VLAN для мобильных устройств – создан для подключения смартфонов, планшетов и ноутбуков, используется для доступа к интернету и, при необходимости, ограниченным внутренним ресурсам.

3.8.1 Внешняя адресация IPv4

В соответствии с требованиями заказчика, для обеспечения внешней адресации локальной сети необходимо использовать статический IPv4-адрес. Из предложенных 9 подсетей необходимо выбрать одну, в которой будет назначен внешний статический IPv4-адрес для организации. Подробная информация о доступных подсетях, их масках и диапазонах адресов представлена в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Доступные подсети

Адрес подсети (CIDR)	Маска подсети	Диапазон адресов
9.192.0.0/10	255.192.0.0	9.192.0.1 – 9.192.255.254
58.125.8.0/21	255.255.248.0	58.125.8.1 – 58.125.15.254
90.32.0.0/11	255.224.0.0	90.32.0.1 – 90.63.255.254
107.3.38.208/28	255.255.255.240	107.3.38.209 – 107.3.38.222
137.81.76.0/22	255.255.252.0	137.81.76.1 – 137.81.79.254
152.1.216.0/22	255.255.252.0	152.1.216.1 – 152.1.219.254
171.80.24.0/22	255.255.252.0	171.80.24.1 – 171.80.27.254
190.123.192.0/21	255.255.248.0	190.123.192.1 – 190.123.199.254
197.18.46.32/27	255.255.255.224	197.18.46.33 – 197.18.46.62

В итоге для внешней адресации IPv4 было решено использовать адрес 9.192.255.250/10 из первой подходящей подсети 9.192.0.0/10.

3.8.2 Внутренняя адресация IPv4

Согласно требованиям заказчика, для внутренней адресации IPv4 должна использоваться приватная подсеть.

Стандарт RFC 1918 регулирует использование частных адресов в локальных сетях. Он определяет три диапазона для частных сетей:

- 10.0.0.0/8 – 10.255.255.255/8;
- 172.16.0.0/12 – 172.31.255.255/12;
- 192.168.0.0/16 – 192.168.255.255/16.

Так как ни одна из допустимых сетей (таблица 3.13) не принадлежит хотя бы одному из трех приведенных диапазонов, то было решено выбрать самостоятельно адрес для приватной подсети.

Для проектируемой сети лучше всего выбрать третий диапазон из стандартных приватных сетей, определенных RFC 1918. Он предоставляет широкий диапазон адресов (до 65536), что с запасом покрывает текущие потребности и возможное будущее расширение, как, например, добавление новых устройств или дополнительных рабочих станций. Этот диапазон часто используется в небольших и средних сетях. Кроме того, он проще в администрировании и часто поддерживается большинством маршрутизаторов и коммутаторов.

Исходя из этого, была выбрана подсеть 192.168.100.0/24, которая предлагает диапазон адресов от 192.168.100.1 до 192.168.100.254, обеспечивая 253 доступных адреса. Это количество достаточно для текущих нужд кафедры и учитывает возможность расширения.

Поскольку используется приватная подсеть, для доступа в интернет будет применяться механизм Network Address Translation (NAT) для сопоставления внутренних адресов с внешним статическим IPv4-адресом. Схема внутренней IPv4 адресации представлена в таблице 3.14.

Таблица 3.14 – Схема внутренней IPv4 адресации

Назначение	Номер VLAN	Подсеть	Диапазон IPv4 адресов	Количество адресов
Административный VLAN	10	192.168.100.0/27	192.168.100.1 – 192.168.100.30	30
VLAN для преподавателей и сотрудников кафедры	20	192.168.100.32/27	192.168.100.33 – 192.168.100.62	30
VLAN для студентов	30	192.168.100.64/26	192.168.100.65 – 192.168.100.126	62
VLAN для периферийных устройств	40	192.168.100.128/27	192.168.100.129 – 192.168.100.158	30
VLAN для мобильных устройств	50	192.168.100.160/26	192.168.100.161 – 192.168.100.222	62

Адреса из подсети 192.168.100.192/28 было решено зарезервировать. VLAN 10 подразумевает наличие статических адресов из соответствующей подсети на том сетевом оборудовании, которое должно иметь возможность удаленной настройки с административной пользовательской станции: маршрутизатор, 8 коммутаторов, 8 беспроводных точек доступа и непосредственно сами административные пользовательские станции. Схема адресации данной подсети приведена в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Схема IPv4 адресации административного VLAN

Устройство	Позиционное обозначение	IPv4 адрес/маска
Маршрутизатор	RT9.1	192.168.100.1/27
Коммутатор	SW3.1	192.168.100.2/27
Коммутатор	SW3.2	192.168.100.3/27
Коммутатор	SW3.3	192.168.100.4/27
Коммутатор	SW3.4	192.168.100.5/27
Коммутатор	SW9.1	192.168.100.6/27
Коммутатор	SW9.2	192.168.100.7/27
Коммутатор	SW9.3	192.168.100.8/27
Коммутатор	SW9.4	192.168.100.9/27
Беспроводная точка доступа	AP3.1	192.168.100.10/27
Беспроводная точка доступа	AP3.2	192.168.100.11/27
Беспроводная точка доступа	AP3.3	192.168.100.12/27
Беспроводная точка доступа	AP3.4	192.168.100.13/27
Беспроводная точка доступа	AP9.1	192.168.100.14/27
Беспроводная точка доступа	AP9.2	192.168.100.15/27
Беспроводная точка доступа	AP9.3	192.168.100.16/27
Беспроводная точка доступа	AP9.4	192.168.100.17/27
Административная пользовательская станция	PC3.15	192.168.100.18/27
Административная пользовательская станция	PC9.17	192.168.100.19/27

IPv4-адреса мобильным устройствам и стационарным пользовательским станциям будут выдаваться по протоколу Dynamic Host Configuration Protocol (DHCP). Кроме того, в паре с DHCP будет применяться технология NAT (Network Address Translation).

3.8.3 Адресация IPv6

Адресация IPv6 используется для доступа в Internet. При этом, по требованию заказчика, необходимо использовать подсеть из блока адресов для Беларуси. Используемая подсеть из блока адресов для Беларуси: 2a03:3000::/29.

Для этого всем виртуальным сетям необходимо назначить IPv6 адреса. С целью обеспечения дополнительной безопасности для устройств из административного VLAN адрес IPv6 не назначается.

В таблице 3.16 представлена схема адресации для протокола IPv6.

Таблица 3.16 – Схема адресации для протокола IPv6

Назначение	Номер VLAN	Адрес подсети
VLAN для преподавателей и сотрудников кафедры	20	2a03:3000:20::/64
VLAN для студентов	30	2a03:3000:30::/64
VLAN для периферийных устройств	40	2a03:3000:40::/64
VLAN для мобильных устройств	50	2a03:3000:50::/64

Устройствам, которые не принадлежат административному VLAN, IPv6-адреса будут назначаться по протоколу DHCP6 из соответствующих подсетей.

3.9 Настройка оборудования

3.9.1 Настройка маршрутизатора

Для подключения к маршрутизатору можно использовать либо веб-интерфейс, либо CLI (Command Line Interface). В данном случае будет использоваться CLI.

В качестве IPv4-адреса шлюза провайдера будет использоваться адрес 9.192.0.1/10.

Существует множество DNS-серверов, которые можно использовать для получения быстрого и надежного доступа к Интернету. При настройке DHCP в данной сети используется Google Public DNS – один из наиболее популярных и рекомендуемых DNS-серверов. Адреса серверов для протокола IPv4 – 8.8.8.8 и 8.8.4.4, а для протокола IPv6 – 2001:4860:4860::8888 и 2001:4860:4860::8844.

Настройка удаленного администрирования осуществляется через SSH (Secure Shell) с отключением сервиса Telnet, так как этот сервис не будет использоваться.

Стоит отметить, что NAT на маршрутизаторе TP-Link ER707-M2 включен по умолчанию.

Информация для настройки маршрутизатора получена из источников [37, 38].

Конфигурация маршрутизатора представлена в приложении В.

3.9.2 Настройка L2 коммутаторов

Настройка коммутатора TP-Link TL-SG3428MP будет выполняться через CLI. Подключение к коммутатору осуществляется через консольный порт.

Войдем в режим конфигурирования:

```
Switch# config
```

На каждом коммутаторе в сети необходимо создать соответствующие VLAN:

```
Switch(config)# vlan 10
Switch(config-vlan)# name Admin
Switch(config-vlan)# exit
Switch(config)# vlan 20
Switch(config-vlan)# name Faculty
Switch(config-vlan)# exit
Switch(config)# vlan 30
Switch(config-vlan)# name Students
Switch(config-vlan)# exit
```

```
Switch(config)# vlan 40
Switch(config-vlan)# name Peripherals
Switch(config-vlan)# exit
Switch(config)# vlan 50
Switch(config-vlan)# name Mobile
Switch(config-vlan)# exit
```

Также на каждом коммутаторе необходимо назначить порты VLAN. Настройка access-портов для устройств выполняется следующим образом:

```
Switch(config)# interface GigabitEthernet1
Switch(config-if)# switchport mode access
Switch(config-if)# switchport access vlan 10
Switch(config-if)# exit
```

Для настройки trunk-портов, которые подключается к маршрутизатору или к другому коммутатору, требуется выполнить следующие команды:

```
Switch(config)# interface GigabitEthernet 1
Switch(config-if)# switchport mode trunk
Switch(config-if)# switchport trunk allowed vlan all
Switch(config-if)# switchport trunk native vlan 10
Switch(config-if)# exit
```

Эти команды выполняются на каждом коммутаторе аналогично.

Для этого необходимо заменить GigabitEthernet 1 на соответствующие номера портов на каждом коммутаторе. Также нужно назначить порты VLAN в зависимости от того, какие устройства и куда будут подключаться.

Далее представлена настройка IP-адреса для управления коммутатором из административного VLAN (для каждого коммутатора):

```
Switch(config)# interface vlan 10
Switch(config-if)# ip address 192.168.100.2 255.255.255.224
Switch(config-if)# no shutdown
Switch(config-if)# exit
Switch(config)# ip default-gateway 192.168.100.1
Switch(config)# exit
```

Настройка удаленного подключения по SSH (Secure Shell):

```
Switch(config)# ip ssh version 2
Switch(config)# ip ssh authentication-retries 3
Switch(config)# ip ssh timeout 120
Switch(config)# line vty 0 4
Switch(config-line)# login local
Switch(config-line)# transport input ssh
Switch(config-line)# exit
```

Теперь нужно ограничить доступ к веб-интерфейсу и SSH на коммутаторе. По умолчанию доступ открыт для всех с любого IP-адреса. Это нужно изменить.

```
Switch(config)# ip access-list extended ADMIN_ACCESS
Switch(config-ext-nacl)# permit tcp 192.168.100.0/27 eq 22
Switch(config-ext-nacl)# permit tcp 192.168.100.0/27 eq 80
Switch(config-ext-nacl)# permit tcp 192.168.100.0/27 eq 443
Switch(config-ext-nacl)# deny tcp any eq 22
Switch(config-ext-nacl)# deny tcp any eq 80
Switch(config-ext-nacl)# deny tcp any eq 443
Switch(config-ext-nacl)# exit
Switch(config)# line vty 0 4
Switch(config-line)# access-class ADMIN_ACCESS in
Switch(config-line)# exit
Switch(config)# ip http access-class ADMIN_ACCESS
Switch(config)# ip https access-class ADMIN_ACCESS
Switch(config)# end
```

Настройка IPv6:

```
Switch(config)# ipv6 unicast-routing
Switch(config)# interface vlan 10
Switch(config-if)# ipv6 address 2a03:3000::2/64
Switch(config-if)# ipv6 enable
Switch(config-if)# no shutdown
Switch(config-if)# exit
```

В качестве дополнительных мер безопасности можно обеспечить безопасность портов:

```
Switch(config)# interface GigabitEthernet 1
Switch(config-if)# switchport port-security
Switch(config-if)# switchport port-security maximum 1
Switch(config-if)# switchport port-security mac-address
sticky
Switch(config-if)# switchport port-security violation
restrict
Switch(config-if)# exit
```

Данные команды нужно повторить для каждого коммутатора с соответствующими параметрами.

Для сохранения конфигурации необходимо на каждом коммутаторе выполнить следующие команды:

```
Switch(config)# end
Switch# write memory
```

Информация для настройки коммутатора TP-Link TL-SG3428MP получена из источников [39, 40].

3.9.3 Настройка беспроводных точек доступа

Для настройки точки доступа можно использовать либо веб-интерфейс, либо программный EAP-контроллер.

Подключим точку доступа к сети и компьютеру с помощью кабеля Ethernet. Откроем браузер и введем IP-адрес точки доступа (по умолчанию 192.168.0.254). Войдем в интерфейс, используя учетные данные (по умолчанию: admin/admin).

Затем перейдем в раздел Wireless Settings. Точка доступа может работать в диапазоне 2,4 ГГц и 5 ГГц, но приоритет должен быть на 5 ГГц, так как этот диапазон поддерживает больше устройств и меньше подвержен помехам.

В диапазоне 2,4 ГГц нужно использовать только неперекрывающиеся каналы, чтобы минимизировать взаимные помехи. В меню Wireless Settings выберем вкладку 2.4 GHz. В поле Channel установим вручную один из следующих каналов: 1, 6, 11. Выбрать нужно канал, который меньше всего загружен в текущем окружении. Это можно сделать, используя анализатор спектра или встроенные инструменты точки доступа.

Для диапазона 5 ГГц необходимо также настроить разные каналы для нескольких точек доступа, чтобы избежать перекрытия. Перейдем на вкладку 5 GHz. В поле Channel выберем один из неперекрывающихся каналов. Каналы нижнего диапазона: 36, 40, 44, 48 [33]. Каналы верхнего диапазона: 149, 153, 157, 161. Если в сети несколько точек доступа в одном помещении или на одной территории, нужно задать каждой точке доступ отдельный канал из неперекрывающихся (например, одну точку на 36 канал, другую на 44).

Для повышения стабильности рекомендуется не использовать каналы с поддержкой DFS, так как они могут временно отключаться при обнаружении помех от радаров.

В разделе Channel Width установим ширину канала в 5 ГГц. Выберем ширину 40 МГц, чтобы обеспечить хороший баланс между скоростью и стабильностью сети. Для особо загруженных мест можно установить ширину 20 МГц, что дополнительно снизит риск помех.

Для диапазона 2,4 ГГц рекомендуется оставлять ширину канала 20 МГц, чтобы минимизировать перекрытие и помехи с соседними сетями.

В разделе Transmit Power (мощность передатчика) настроим уровень мощности сигнала. Чтобы избежать взаимного влияния точек доступа в зонах с высокой плотностью людей, можно снизить мощность передатчика до среднего или низкого уровня:

Для 5 ГГц можно установить Medium или Low, если точки доступа расположены близко друг к другу.

Для 2,4 ГГц также рекомендуется установить среднюю или низкую мощность, чтобы избежать перегрузки.

Включим функцию Load Balancing для предотвращения перегрузки одной точки доступа большим количеством пользователей. В меню Wireless Settings, выберем Load Balancing. Установим максимальное количество пользователей для каждой точки доступа – 10 устройств на одну точку. Настроим ограничение на количество одновременных подключений, чтобы пользователи распределялись равномерно между точками доступа.

Активируем функцию Band Steering, чтобы устройства, поддерживающие диапазон 5 ГГц, подключались именно к нему. Это снизит нагрузку на 2,4 ГГц. Перейдем в раздел Wireless Settings, найдем опцию Band Steering и активируем её.

Информация о настройке беспроводной точки доступа TP-Link EAP245 получена из источника [34].

3.9.4 Настройка рабочих станций

Настройка рабочих станций осуществляется под операционной системой Windows 10.

Стационарным пользовательским станциям необходимо присвоить динамические IPv4 и IPv6 адреса и шлюзы по умолчанию. Данная настройка осуществляется в «Центре управления сетями и общим доступом». Далее необходимо нажать «Изменение параметров адаптера» и в появившемся окне выбрать Ethernet. После этого нужно выбрать «IP версии 4 (TCP/IP)» и нажать кнопку «Свойства». В появившемся окне следует выбрать «Получить IP-адрес автоматически». Настройка IPv6 осуществляется аналогичным образом после выбора «IP версии 6 (TCP/IP)».

Станциям системных администраторов необходимо присвоить статические IPv4 и IPv6 адреса, а также назначить шлюзы по умолчанию. Данная настройка осуществляется в «Центре управления сетями и общим доступом», путь до которого имеет вид Пуск > Параметры > Сеть и Интернет. Далее необходимо нажать «Изменение параметров адаптера» и в появившемся окне выбрать Ethernet. После этого нужно выбрать «IP версии 4 (TCP/IP)» и нажать кнопку «Свойства». В появившемся окне следует выбрать «Использовать следующий IP-адрес» и ввести адрес, маску подсети и в качестве основного шлюза назначить адрес маршрутизатора соответствующей подсети. Настройка IPv6 осуществляется аналогичным образом после выбора «IP версии 6 (TCP/IP)».

Для обеспечения безопасности в сети следует предусмотреть защиты от вирусов. Для этого необходимо установить антивирусное ПО.

Для сети кафедры университета с ограниченным бюджетом было решено выбрать антивирусное ПО от Kaspersky как надёжное и проверенное решение. Рассмотрим несколько пакетов Kaspersky для защиты рабочих станций и сравним их между собой.

В таблице 3.17 представлено сравнение пакетов от Kaspersky.

Таблица 3.17 – Сравнение пакетов антивирусного ПО от Kaspersky

Параметр	Kaspersky Small Office Security	Kaspersky Endpoint Security for Business – Select	Kaspersky Endpoint Security for Business – Advanced
Целевая аудитория	Подходит для малого бизнеса и небольших сетей (1 – 49 сотрудников)	Подходит для сетей со средней нагрузкой и повышенными требованиями (50 – 999 сотрудников)	Решение для крупных организаций с высокими требованиями к безопасности (более 1000 сотрудников)
Функции	Антивирусная защита; защита онлайн-банкинга; контроль доступа и резервное копирование; удалённое управление через облачный портал	Расширенная антивирусная защита (включая ransomware); удалённое управление через Security Center; контроль приложений и устройств	Все функции пакета Select; полное шифрование данных; расширенный контроль доступа; защита от утечек данных
Ресурсы	Низкая нагрузка на систему	Средняя нагрузка на систему	Высокая нагрузка на систему
Стоимость	Доступная, что подходит для небольшого бюджета	Более высокая, чем Small Office, но включает дополнительные функции	Самый дорогой пакет

Для сети кафедры с ограниченным бюджетом и базовыми требованиями к безопасности наиболее подходящим является Kaspersky Small Office Security. Этот пакет обеспечивает достаточный уровень защиты при минимальных затратах и низком потреблении системных ресурсов.

3.9.5 Настройка принтеров

На пользовательские станции, использующие принтер, необходимо установить драйвера для него. Алгоритм установки представлен ниже:

1. Необходимо выбрать версию операционной системы модель принтера, затем скачать установщик с сайта Samsung.
2. Запустить установочный файл и следовать инструкциям мастера установки.
3. Перезагрузить пользовательскую станцию.
4. Подключить принтер через кабель USB.
5. После подключения в меню «Принтеры и сканеры» настроек должно появиться новое устройство.

Информация для настройки принтера была получена из источника [36].

3.9.6 Настройка интерактивных досок

Интерактивные доски устанавливаются в учебных аудиториях. В комплекте с самой доской идут другие монтажные элементы.

Интерактивная доска подключается к компьютеру по USB. После подключения, необходимо запустить файл «IQBoard ET & PS Drivers.exe» с установочного CD и установить драйвера в соответствии с указаниями. Компьютер автоматически обнаружит новое оборудование и установит драйвера. По окончании полной установки, если индикатор рядом с USB портом загорится зеленым, значит интерактивная доска может функционировать правильно. Если индикатор горит красным, это значит, что USB кабель плохо подсоединен: необходимо переподключить USB кабель или перезагрузить компьютер. Если индикатор не горит вообще, это значит, что USB кабель не подключен.

При первом использовании интерактивной доски необходимо откалибровать ее, чтобы путь перемещения электронного пера или бесцветного пера (пальца) совпадал с положением курсора. Можно выбрать калибровку по 4 точкам, по 9 точкам или по 20 точкам. Изначально проставлена стандартная калибровка по 9 точкам. После того, как доска откалибрована, нет необходимости производить повторную калибровку во время одного сеанса работы.

При первом использовании интерактивной доски с программными «горячими» кнопками необходимо настроить эти кнопки.

После проделанных действий возможно полноценное использование интерактивной доски.

Информация по настройке данной интерактивной доски получена из источника [35].

4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРИРОВАННОЙ КАБЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

4.1 Описание этажей

В проекте размещения кафедры предусмотрено распределение помещений по третьему и девятому этажам. Каждый этаж будет эффективно использовать доступное пространство для обеспечения учебного процесса и административной деятельности.

В таблице 4.1 представлена экспликация помещений для третьего этажа.

Таблица 4.1 – Экспликация помещений для третьего этажа

Номер помещения	Наименование	Площадь, м ²
301	Кабинет системного администратора	11
302	Учебная аудитория	59
303	Учебная аудитория	71
304	Помещение для сотрудников кафедры	20
305	Туалет	9

В таблице 4.2 представлена экспликация помещений для девятого этажа.

Таблица 4.2 – Экспликация помещений для девятого этажа

Номер помещения	Наименование	Площадь, м ²
901	Кабинет системного администратора	11
902	Помещение для преподавателей	38
903	Кабинет заведующего кафедрой	21
904	Учебная аудитория	71
905	Архив	20
906	Туалет	9

План здания представлен в приложении Г.

4.2 Выбор сетевого шкафа

Для сети кафедры университета лучше выбрать именно сетевой шкаф, а не стойку, поскольку шкаф обеспечивает защиту оборудования от пыли, постороннего вмешательства и физического воздействия, что особенно важно в учебных учреждениях. Настенный шкаф предпочтительнее напольного, так как он компактнее и экономит место, что актуально в условиях ограниченного пространства.

Шкаф должен вмещать минимум 4 устройства, такие как коммутаторы и маршрутизаторы, с запасом для размещения дополнительных устройств в будущем и учитывать их габариты. Важно также предусмотреть вентиляцию и управление кабелями для удобного обслуживания и охлаждения оборудования.

В таблице 4.3 представлены сетевые шкафы разных производителей для сравнения и последующего выбора.

Таблица 4.3 – Сравнение сетевых шкафов разных производителей

Характеристика	TWT-CBWNG-6U-6×4-БК	DANNMAN TWL-0966 GP	МиК 19” Lite
Установка	Настенный	Настенный	Настенный
Высота, U	6	9	9
Ширина, мм	550	600	600
Глубина	450	600	450
Замок	Да	Да	Да
Материал двери	Стекло	Стекло	Стекло
Степень защиты	IP20	IP20	IP20
Максимальная нагрузка, кг	60	40	70
Цена, USD	85	140	105

Информация о телекоммуникационных шкафах получена из источников [22, 23, 24].

Для сети кафедры университета оптимальным выбором будет шкаф TWT-CBWNG-6U-6×4-БК. Он имеет высоту 6U, что достаточно для размещения устройств, выбранных для проектируемой сети. Этот шкаф с шириной 550 мм и глубиной 450 мм достаточно компактен и эффективно использует пространство, не занимая лишнего места. Максимальная нагрузка в 60 кг позволяет надежно установить все необходимое оборудование. Кроме того, его цена делает его наиболее доступным вариантом среди представленных моделей, что важно для бюджетных решений. Все шкафы имеют стеклянные двери с замками и степень защиты IP20, что гарантирует безопасность оборудования в помещении с нормальной температурой и влажностью.

4.3 План прокладки кабельных линий

В данной структурированной кабельной системе (СКС) для организации подключений сетевого и оконечного оборудования используется кабель типа витая пара. Кабель проложен в кабельном коробе вдоль стен, на высоте 30 см от потолка. В случае необходимости проведения кабеля через стену, необходимо просверлить отверстие.

Информационные розетки в помещениях устанавливаются на высоте 50 см от пола. Для подключения кабеля к розетке, он проводится на указанной высоте от потолка, располагаясь непосредственно над розеткой, а затем опускается в коробе к месту установки.

Прокладка кабеля между этажами осуществляется через потолок в одном месте, указанном на схеме.

Точки доступа устанавливаются по две на каждом этаже в помещениях, где требуется беспроводная сеть, с прокладкой кабелей по потолку в коробах.

Маршрутизатор и четыре коммутатора размещаются на девятом этаже в кабинете системного администратора в настенном телекоммуникационном шкафу. Еще четыре коммутатора располагаются на третьем этаже, также в кабинете системного администратора, в телекоммуникационном шкафу. Шкафы монтируются на высоте 160 см от пола.

Стационарные пользовательские станции находятся на третьем и девятом этажах в кабинетах, оборудованных информационными розетками. К этим станциям могут подключаться принтеры или информационные доски через USB-порты.

4.4 Выбор монтажных элементов

Кабель витая пара имеет несколько категорий, нумеруемых от 1 до 8, которые определяют эффективный пропускаемый частотный диапазон. Для соединений с пропускной способностью в 1 Гб/с будет достаточно кабеля пятой категории.

Соединения витой парой реализованы с коннекторами RJ-45, используемый тип обжима – прямой, для соединения коммутаторов – перекрестный.

После изучения рынка было принято решение приобрести кабель PROconnect F/UTP CAT5e (01-0142-3-50) [29] серого цвета, а также коннектор RJ-45 8P8C CAT 5e REXANT [30].

Для подключения устройств к сети необходимо обеспечить доступность устройств к кабелю. Удобно и практично организовать доступ позволяет монтаж информационных розеток RJ-45. Недорогим вариантом информационных розеток являются компьютерная розетка Rexant-1 RJ-45 CAT5e 03-0121 [25] и двойная информационная розетка Cabeus RJ-45 Dual IDC WS-8P8C-Cat.5e-2 [26], обеспечивающие доступ к сети.

Для прокладки около пятнадцати кабелей витой пары категории 5е рекомендуется использовать кабельный короб с размерами 40x20 мм или больше. Это связано с тем, что один кабель категории 5е занимает около 22,9 мм² площади, а для 15 кабелей потребуется около 343,5 мм². При учете рекомендуемого заполнения короба на 60%, необходимая площадь составит 572,5 мм². Короб размером 40x20 мм с общей площадью 800 мм² обеспечит достаточное пространство для укладки 15 кабелей.

Для прокладки около 3 кабелей подойдет кабельный короб с размерами 16x16 мм или больше. Три кабеля занимают около 68,7 мм², а с учетом 60% заполнения требуется около 114,5 мм². Короб 16x16 мм с площадью 256 мм² обеспечит достаточно места для размещения этих кабелей.

Таким образом, в качестве кабельного короба был выбран Koros LHD 40x20 мм [27] и Koros LHD 20x10 HD [28], являющиеся одними из лучших вариантов, представленных на рынке.

В соответствии с планом здания, необходимо закупить около 110 метров кабель-канала 20 мм × 10 мм и около 30 метров кабель-канала 40 мм × 20 мм на один этаж. С 30% запасом объем закупки составит 140 метров и 40 метров соответственно. Полный объем закупки на два этажа будет равен 280 метрам и 80 метрам соответственно.

Количество кабеля составит примерно 1500 м на два этажа. Берем запас в 30% и получаем, что объем закупки составит около 2000 м.

Кроме перечисленных монтажных элементов необходимы вспомогательные элементы, представленные в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Вспомогательные элементы для монтажа

Название	Количество
Инструмент для обжима	1 шт.
Кабелерез	1 шт.
Перфоратор с набором сверл разного диаметра	1 шт.
Крепеж для кабелей	По количеству кабеля
Уплотнительные элементы	По необходимости
Маркировка кабелей	По количеству кабелей

Весь перечень оборудования, изделий и материалов для монтажа представлен в приложении Д.

4.5 Анализ качества покрытия беспроводной сетью

Беспроводная сеть должна обеспечивать подключение 10 устройств и покрывать всю площадь помещений, в которых установлены точки доступа.

Затухание радиоволн в беспрепятственной воздушной среде рассчитывается по упрощенной формуле:

$$L = 32,44 + 20 \times \lg(F) + 20 \times \lg(D), \text{ дБ}, \quad (4.1)$$

где F – частота сигнала, ГГц;

D – расстояние, м.

Беспроводные точки доступа находятся в помещениях 302 – 303 и 902 – 904. Для точек доступа АРЗ.1 – 3.2 и АР9.1 – 9.2 расчеты качества покрытия будут идентичными, поэтому имеет смысл проводить их только для одной из точек. Каждая точка доступа монтируется на потолке. Высота этажа составляет 3 метра.

Некоторые внутренние несущие стены являются железобетонными или кирпичными и имеют затухание сигнала $L_{\text{железобет. ст.}} = 20$ дБ и $L_{\text{кирпич. ст.}} = 15$ дБ соответственно [31]. Также необходимо учесть возможное затухание за счёт взаимного размещения оборудования $L_{\text{оборуд.}} = 5$ дБ. Мощность сигнала точки доступа для 5 ГГц равно $S_{\text{т.д.}} = 20$ дБ.

Расстояние до самого удаленного места для точки доступа AP3.1 с учетом площади, которую данная точка доступа должна покрывать, в помещении 303 составляет 12,2 м.

$$L_{\text{макс. уд.}} = 32,44 + 20 \times \lg(5) + 20 \times \lg(12,2) = 68,1 \text{ дБ.}$$

Максимальное затухание сигнала точки доступа рассчитывается по формуле 4.2.

$$L_{\text{макс. уд.}} = L_{\text{макс. уд.}} + L_{\text{затух. ст.}} + L_{\text{оборуд.}} \quad (4.2)$$

Так как помещение с номером 302 не имеет внутренних стен, то $L_{\text{затух. ст.}}$ равно нулю и максимальное затухание сигнала точки доступа в этом помещении составляет 73,1 дБ (по формуле 4.2). С учётом мощности излучения точки доступа, получаем следующую мощность сигнала:

$$S_{\text{мин}} = S_{\text{т.д.}} - L_{\text{макс}} = 20 \text{ дБ} - 73,1 \text{ дБ} = -53,1 \text{ дБ.}$$

Аналогично можно провести расчеты и для других точек доступа (таблица 4.5). В таблице 4.5 для одной и той же точки доступа могут рассматриваться несколько точек.

Таблица 4.5 – Расчеты мощности излучения беспроводных точек доступа

Позиционное обозначение беспроводной точки доступа	Номер помещения вычисления мощности	Расстояние от точки доступа до точки вычисления мощности излучения, м	Затухание стен, дБ	Мощность излучения, дБ
1	2	3	4	5
AP3.1	303	12,2	0	– 53,1
AP3.2	303	12,2	0	– 53,1
AP3.3	301	5,9	20	– 66,8
	302	9,1	0	– 50,6
AP3.4	302	9,4	0	– 50,9
AP9.1	904	12,2	0	– 53,1
AP9.2	904	12,2	0	– 53,1
AP9.3	901	5,9	20	– 66,8
	902	6,5	0	– 47,7
	903	9,1	15	– 65,6
AP9.4	902	9,4	15	– 65,9
	903	4,2	0	– 43,9

Качественным сигналом Wi-Fi можно считать значения не ниже -65 дБм [32]. При более низкой мощности уже будет наблюдаться снижение скорости подключения, потеря пакетов, повторные передачи данных (ретрансмиты).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения курсового проекта была разработана локальная сеть для кафедры университета, учитывая все требования по производительности, безопасности и возможности масштабирования. Процесс проектирования включал несколько этапов, которые охватывают все аспекты работы сети.

На начальном этапе был проведен обзор литературы, который помог выбрать оптимальные решения по сетевому оборудованию и архитектуре сети. Особое внимание уделялось технологиям Multigigabit Ethernet, а также работоспособности беспроводной сети в условиях скопления людей.

На следующем этапе, в рамках функционального проектирования, были выбраны конкретные модели ПК, принтеров, интерактивных досок, а также определен основной производитель активного сетевого оборудования (TP-Link). Процесс выбора также включал маршрутизатор, L2 коммутатор и беспроводную точку доступа, после чего была разработана схема адресации и выполнено конфигурирование оборудования.

Завершающим этапом стало проектирование структурированной кабельной системы. На этом этапе была создана схема СКС, уточнены планы по прокладке кабельных линий и соединению оборудования, выбран сетевой шкаф и пассивное оборудование. Также был проведен анализ покрытия беспроводной сетью для обеспечения необходимого качества сигнала в каждом помещении кафедры.

В результате проектирования была получена сеть, которая отвечает всем техническим требованиям и обеспечит надежную работу на протяжении долгого времени с возможностью расширения и модернизации в будущем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1]. Cisco [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.cisco.com/site/uk/en/index.html> – Дата доступа: 20.09.2024
- [2]. Mikrotik [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://mikrotik.com> – Дата доступа: 20.09.2024
- [3]. HPE Aruba Networking [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.arubanetworks.com> – Дата доступа: 20.09.2024
- [4]. Allied Telesis [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.alliedtelesis.com/jp/en> – Дата доступа: 20.09.2024
- [5]. D-Link [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://dlink.by/by> – Дата доступа: 20.09.2024
- [6]. Zyxel [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.zyxel.com/ru/ru> – Дата доступа: 20.09.2024
- [7]. TP-Link [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.tp-link.com/ru/> – Дата доступа: 20.09.2024
- [8]. Мультигигабитный Ethernet: что это такое и как его использовать дома [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.tp-link.com/kz/blog/734/мультигигабитный-ethernet-что-это-такое-и-как-его-использовать-дома> – Дата доступа: 20.09.2024
- [9]. Статья «Разбираемся в тонкостях проектирования Wi-Fi сетей в помещениях» [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/specials/456918/> – Дата доступа: 20.09.2024
- [10]. Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 28 июня 2013 г. № 59 «Об утверждении Санитарных норм и правил “Требования при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами”, Гигиенического норматива “Предельно допустимые уровни нормируемых параметров при работе с видеодисплейными терминалами и электронно-вычислительными машинами” и признании утратившими силу постановлений Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 10 ноября 2000 г. № 53 и от 30 мая 2006 г. № 70, отдельного структурного элемента постановления Министерства здравоохранения Республики Беларусь» [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W21327737p> – Дата доступа: 20.09.2024
- [11]. Документация Omada Multi-Gigabit VPN Router ER707-M2 [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: [https://static.tp-link.com/upload/product-overview/2024/202408/20240821/ER707-M2\(UN\)1.0_Datasheet.pdf?_gl=1*17danyl*_gcl_au*NjU3MzU2NDkzLjE3Mjk5Njk0NjY.*_ga*MTkzNTA2NjI3MC4xNzI5OTY5NDY0*_ga_X5XJFE5K24*MTczMzI1ODQ1Ny4xLjEuMTczMzI1ODUwMC4wLjAuMA](https://static.tp-link.com/upload/product-overview/2024/202408/20240821/ER707-M2(UN)1.0_Datasheet.pdf?_gl=1*17danyl*_gcl_au*NjU3MzU2NDkzLjE3Mjk5Njk0NjY.*_ga*MTkzNTA2NjI3MC4xNzI5OTY5NDY0*_ga_X5XJFE5K24*MTczMzI1ODQ1Ny4xLjEuMTczMzI1ODUwMC4wLjAuMA) – Дата доступа: 10.10.2024

[12]. Документация Omada VPN Router with 10G Ports ER8411 [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: [https://static.tp-link.com/upload/product-overview/2024/202402/20240205/ER8411\(UN\)1.0_Datasheet.pdf?_gl=1*uf2gm1*_gcl_au*NjU3MzU2NDkzLjE3Mjk5Njk0NjY.*_ga*MTkzNTA2NjI3MC4xNzI5OTY5NDY0*_ga_X5XJFE5K24*MTczMzI1ODQ1Ny4xLjAuMTczMzI1ODQ1Ny4wLjAuMA](https://static.tp-link.com/upload/product-overview/2024/202402/20240205/ER8411(UN)1.0_Datasheet.pdf?_gl=1*uf2gm1*_gcl_au*NjU3MzU2NDkzLjE3Mjk5Njk0NjY.*_ga*MTkzNTA2NjI3MC4xNzI5OTY5NDY0*_ga_X5XJFE5K24*MTczMzI1ODQ1Ny4xLjAuMTczMzI1ODQ1Ny4wLjAuMA) – Дата доступа: 10.10.2024

[13]. Документация 10-Gigabit L2+ Managed Switch [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://static.tp-link.com/upload/product-overview/2023/202305/20230511/SDN%2010-Gigabit%20L2%2b%20Managed%20Switch.pdf> – Дата доступа: 12.10.2024

[14]. Документация TL-SG3428MP [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: https://shopdelta.eu/pdf.php?page=shop/datasheet&product_id=17683 – Дата доступа: 12.10.2024

[15]. Документация Omada EAP – Business Wi-Fi Series [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: https://static.tp-link.com/upload/product-overview/2024/202408/20240822/Datasheet_Ceiling%20Mount%20Wi-Fi%204%20&%20Wi-Fi%205%20AP.pdf – Дата доступа: 15.10.2024

[16]. Компьютер MultiOffice 5R36D16S48G73M [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://catalog.onliner.by/desktoppc/multioffice/mult5r36d15e1663> – Дата доступа: 17:10.2024

[17]. Компьютер MultiOffice 5C104FD8S24G103M5 [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://catalog.onliner.by/desktoppc/multioffice/mult5c104fa8219f> – Дата доступа: 17:10.2024

[18]. Принтер Pantum P2500NW [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://catalog.onliner.by/printers/pantum/pantump2500nw> – Дата доступа: 17:10.2024

[19]. Принтер Samsung SL-M4020ND [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://catalog.onliner.by/printers/samsung/slm4020nd> – Дата доступа: 17:10.2024

[20]. Интерактивная доска TECHNOBOARD 82 [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: https://technoboard.by/interaktivnaja-doska-technoboard-82-10-kasaniy#specification_blk – Дата доступа: 17:10.2024

[21]. Интерактивная доска IQBoard RPT097 [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.dns-shop.ru/product/c46b08b65ab83332/97-interaktivnaa-doska-iqboard-rpt097/> – Дата доступа: 17:10.2024

[22]. Телекоммуникационный шкаф настенный серии TWT «NEXT» TWT-CBWNG-6U-6×4-BK [Электронный ресурс] – Электронные данные. –

Режим доступа: <https://tm.by/telekommunikacionnyy-shkaf-nastenny-serii-twt-next-twt-cbwng-6u-6x4-bk> – Дата доступа: 20.11.2024

[23]. Шкаф настенный TWL-0966 GP (09U 500x600x600) [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.telestream.by/catalog/telekommunikatsionnye_shkafy/nastennye/67342/ – Дата доступа: 20.11.2024

[24]. Шкаф телекоммуникационный настенный разборный МиК 19” Lite 9U 600x450 дверь стекло [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.telestream.by/catalog/telekommunikatsionnye_shkafy/nastennye/72123/ – Дата доступа: 20.11.2024

[25]. Компьютерная розетка Rexant-1 RJ-45 CAT5e 03-0121 [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.vseinstrumenti.ru/product/kompyuternaya-rozetka-rexant-1-rj-45-cat5e-25sht-03-0121-1282869/> – Дата доступа: 21.11.2024

[26]. Двойная внешняя компьютерная розетка Cabeus RJ-45 Dual IDC WS-8P8C-Cat.5e-2 [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.vseinstrumenti.ru/product/kompyuternaya-rozetka-cabeus-rj-45-kategoriya-5e-dvojnaya-vneshnyaya-dual-idc-ws-8p8c-cat-5e-2-7328065/> – Дата доступа: 21.11.2024

[27]. Кабельный канал КОПОС LHD 20x10 HD [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.vseinstrumenti.ru/product/kabelnyj-kanal-kopos-lhd-20x10-hd-komplekt-2-metra-lhd-20x10-hd-1542880/> – Дата доступа 21.11.2024

[28]. Кабельный канал КОПОС LHD 40x20 HD [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.vseinstrumenti.ru/product/kabelnyj-kanal-kopos-lhd-40x20-hd-komplekt-2-metra-lhd-40x20-hd-1542881/> – Дата доступа 21.11.2024

[29]. Кабель PROconnect F/UTP CAT5e (01-0142-3-50) [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.vseinstrumenti.ru/product/kabel-proconnect-ftp-4pr-24awg-cca-cat5e-prvc-seryj-buhta-50-m-01-0142-3-50-1315378/> – Дата доступа: 21.11.2024

[30]. Коннектор RJ-45 8P8C CAT 5e REXANT [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://www.vseinstrumenti.ru/product/dzhek-rj-45-8p8c-cat-5e-rexant-05-1021-837186/> – Дата доступа: 21.11.2024

[31]. Коэффициенты затухания сигнала Wi-Fi при прохождении через различные среды [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://help.keenetic.com/hc/ru/articles/213968869> – Дата доступа: 24.11.2024

[32]. Как проверить мощность сигнала и зону покрытия беспроводной сети Wi-Fi роутера? [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://help.keenetic.com/hc/ru/articles/360010432360> – Дата доступа: 24.11.2024

[33]. Доступные каналы в диапазоне 5 ГГц [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://help.keenetic.com/hc/ru/articles/360012060379> – Дата доступа: 26.11.2024

[34]. Руководство пользователя для точек доступа TP-Link Omada EAP [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: https://static.tp-link.com/upload/manual/2024/202412/20241204/1910013169_Omada%20EAP_U G_REV4.11.0.pdf – Дата доступа: 26.11.2024

[35]. Руководство пользователя IQBoard ET & PS [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: https://www.maple.ru/upload/dokument/IQBoardET_PS_v6.pdf – Дата доступа: 26.11.2024

[36]. Руководство пользователя для принтера Samsung [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: <https://inswiki.ru/assets/manual/37/37-samsung-proxpress-sl-m3820nd.pdf> – Дата доступа: 26.11.2024

[37]. Руководство пользователя для маршрутизатора TP-Link ER707-M2 [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: [https://static.tp-link.com/upload/manual/2023/202311/20231109/1910013272_ER707-M2\(UN\)_UG.pdf](https://static.tp-link.com/upload/manual/2023/202311/20231109/1910013272_ER707-M2(UN)_UG.pdf) – Дата доступа: 26.11.2024

[38]. Справочное руководство по CLI маршрутизатора TP-Link ER707-M2 [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: [https://static.tp-link.com/upload/manual/2023/202307/20230725/1910013378_ER605\(UN\)2.0_CLI.pdf](https://static.tp-link.com/upload/manual/2023/202307/20230725/1910013378_ER605(UN)2.0_CLI.pdf) – Дата доступа: 26.11.2024

[39]. Руководство пользователя для коммутатора TP-Link TL-SG3428MP [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: https://static.tp-link.com/upload/manual/2024/202401/20240116/1910013560_SG6654XHP_UG.pdf – Дата доступа: 26.11.2024

[40]. Справочное руководство по CLI коммутатора TP-Link TL-SG3428MP [Электронный ресурс] – Электронные данные. – Режим доступа: https://static.tp-link.com/upload/manual/2024/202411/20241122/1910013605_Managed%20Switch_CLI.pdf – Дата доступа: 26.11.2024

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Схема СКС структурная

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Схема СКС функциональная

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(обязательное)

Конфигурация маршрутизатора

ПРИЛОЖЕНИЕ Г
(обязательное)

План здания

ПРИЛОЖЕНИЕ Д
(обязательное)

Перечень оборудования, изделий и материалов

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

(обязательное)

Ведомость документов